



(43) 国際公開日  
2004 年 1 月 8 日 (08.01.2004)

**PCT**

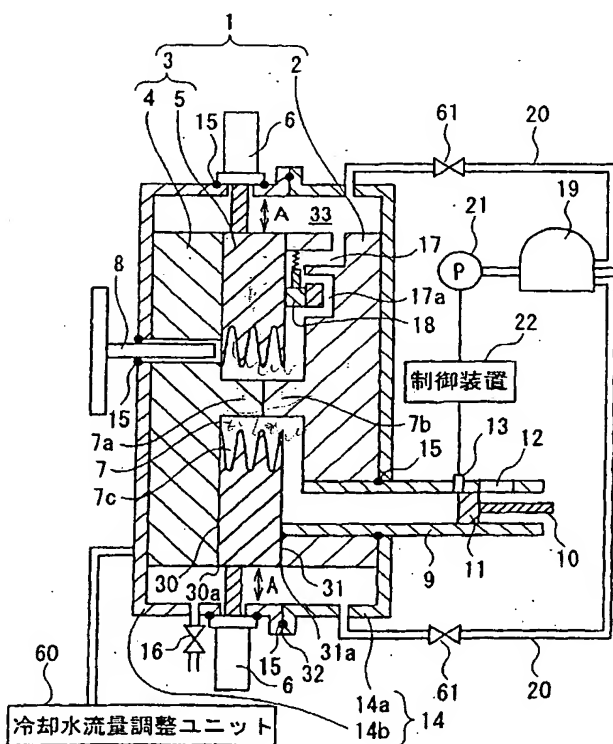
(10) 国際公開番号  
WO 2004/002658 A1

- |                            |   |                         |   |
|----------------------------|---|-------------------------|---|
| (51) 国際特許分類:               | B22D 17/14, 17/00   | (72) 発明者; および           |   |
| (21) 国際出願番号:               | PCT/JP2003/008072   | (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): | 栗田 洋敬 (KU-RITA, Hirotaka) [JP/JP]; 〒438-8501 静岡県 磐田市 新貝 2500 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP). 山縣 裕 (YAMAGATA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒438-8501 静岡県 磐田市 新貝 2500 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP). 小池 俊勝 (KOIKE, Toshikatsu) [JP/JP]; 〒438-8501 静岡県 磐田市 新貝 2500 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP). |
| (22) 国際出願日:                | 2003 年 6 月 26 日 (26.06.2003)  |                         |   |
| (25) 国際出願の言語:              | 日本語   |                         |   |
| (26) 国際公開の言語:              | 日本語   |                         |   |
| (30) 優先権データ:               |   |                         |   |
|                            | 特願2002-186320 2002 年 6 月 26 日 (26.06.2002) JP   | (74) 代理人:               | 荒井 潤 (ARAI, Jun); 〒223-0066 神奈川県 横浜 市 港北区 高田西 2 丁目 1 1 番 3 7 号 Kanagawa (JP).   |
| (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): | ヤマハ発動機株式会社 (YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒438-8501 静岡県 磐田市 新貝 2500 番地 Shizuoka (JP). | (81) 指定国 (国内):          | AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,   |

〔続葉有〕

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR VACUUM DIE CASTING OF ALUMINUM ALLOY, AND ALUMINUM ALLOY PRODUCT

(54) 発明の名称: アルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法及び鑄造装置並びにアルミニウム合金製品



22...CONTROL DEVICE  
60...COOLING WATER FLOW CONTROL UNIT

**(57) Abstract:** A method for vacuum die casting of an aluminum alloy, comprising the steps of forming a cavity formed by fitting, to each other, a plurality of metal molds having first and second metal molds movable relative to each other in one direction and slide metal molds held between the first and second metal molds and movable relative to each other in a direction different from the one direction so that the entire or a part of the peripheral edge of the mating faces of the metal molds can be covered by a cover part through a space, depressurizing the inside of the cavity by starting evacuation according to the forward movement of a plunger tip at a low speed, depressurizing the space between the cover part and the metal molds to increase the degree of vacuum, and moving the plunger tip at a high speed when molten metal reaches near the inlet of the cavity to feed the molten metal into the cavity at a high speed while controlling the flow of cooling water into the metal molds.

〔続葉有〕

**WO 2004/002658 A1**



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

アルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法において、互いに一方  
向に相対移動可能な第 1 及び第 2 金型と、前記第 1 及び第 2 金型間に  
挟まれて前記一方向とは異なる方向に相対移動可能なスライド金型か  
らなる複数の金型同士を合わせてなるキャビティを形成する工程が、  
前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部  
で覆う工程を付随して有し、続いて、プランジャチップの低速での前  
方移動に伴い、真空排気を開始することにより、前記キャビティ内を  
減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工  
程とを行って真空度を徐々に高め、溶湯がキャビティ入口付近に達し  
た時点でプランジャチップを高速移動させて溶湯をキャビティ内に急  
速供給し、この間金型への冷却水流量調整を行う。

## 明 細 書

アルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法及び鑄造装置並びにアルミニウム合金製品

5

## 技術分野

本発明は、アルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法及び鑄造装置並びにエンジンのシリンダブロックやピストン等のアルミニウム合金製品に関する。

10

## 背景技術

エンジンのシリンダブロック構造として、シリンダボアのピストン摺動面にスリーブを装着したり、ボア表面にNiめっきを施して高温摺動時の耐摩耗性や強度等を高めたものが従来より採用されている。

15

一方、このようなスリーブやNiめっきを使用することなく、鑄造品を機械加工した状態で摺動面を形成する直摺動型のシリンダブロックとすれば、製造プロセスが簡素化し冷却能力も向上してコストの低減が図られるものと考えられる。このような直摺動型のシリンダブロックとして、過共晶のAl（アルミニウム）－Si（シリコン）合金の単一材料の鑄造品からなるシリンダブロックが実用化されている。

20

しかしながら、従来のAl－Si合金の単一材料からなる直摺動型シリンダブロックは、低圧鑄造で形成されているため、鑄造時間が長くなり、生産性が低下してコスト的に不利となる。

25

また、低圧鑄造では鑄造時間が長くなることから、低圧鑄造用のAl－Si合金は、Fe含有量を少なくして冷却時に粗大化合物相ができるのを回避している。Feは金型との焼付きを防ぐ作用もあるが、低圧

鑄造では、セラミックコーティングを繰り返しながら行うので、焼付きは起きない。しかしこの低圧鑄造のAl-Si合金を用いて、通常の高圧高速のダイカスト法によりシリンダブロックを鑄造した場合、このFe不足による焼付きが問題となる。

5 一方、通常の高圧ダイカスト用Al-Si合金では、耐摩耗性を高めるSi含有量が少ない。低圧鑄造であれば冷却速度が遅いのでSi含有量が少なくてもSiの結晶が充分成長して粒径が大きくなって十分な耐摩耗性が得られるが、高圧ダイカスト鑄造法では冷却速度が速いため、Si結晶が充分大きく成長せず、必要な耐摩耗性が得られない。

10 さらに、直摺動型シリンダブロックでは、アルミニウム合金自体がボアの摺動面を形成するため、鑄巣等の欠陥を極力なくさなければならない。鑄巣等の欠陥をなくすためには、鑄造時にキャビティからガス（水素や空気あるいは離型材や潤滑材等から発生する炭素系ガス等）を除去する必要がある。このために、従来より鑄造時に金型（固定金型と可動  
15 金型）を合わせたときの金型の合せ面等の隙間をシールした状態で金型のキャビティ内のガスを真空ポンプで排気しながら鑄造を行う方法が取られていた。しかし、このような真空引き（減圧）を行いながら鑄造しても、空冷シリンダの空冷フィン等の薄く入り組んだ部分を成形する場合には、その部分にスライド金型を使用するため、固定金型と可動金型  
20 の合せ面の他にスライド金型の摺動面にも隙間が生じ、シール性が低下して十分な真空度を得られず、ガスを確実に除去することができなかった。

鑄造製品中のガスが多いと、熱処理や溶接時にブリスターと呼ばれる気孔やふくれが発生するため、従来の高圧ダイカストでは熱処理や溶接  
25 ができなかった。

本発明は上記従来技術を考慮したものであって、高圧ダイカストによ

り低コストで十分な耐摩耗性及び耐焼付き性を確保できるアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法及び鑄造装置並びにエンジンのシリンダブロックやピストン等のアルミニウム合金製品の提供を目的とする。

## 5 発明の開示

- 前記目的を達成するため、本発明では、互いに一方向に相対移動可能な第1及び第2金型と、前記第1及び第2金型間に挟まれて前記一方向とは異なる方向に相対移動可能なスライド金型からなる複数の金型同士を合せてキャビティを形成する工程と、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記キャビティ内にアルミニウム合金の溶湯を供給する工程とを含むアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法であって、前記キャビティを形成する工程は、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆う工程を付随して有し、続いて、プランジャチップの低速での前方移動に伴い、真空排気を開始することにより、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程とを行って真空度を徐々に高め、溶湯がキャビティ入口付近に達した時点でプランジャチップを高速移動させて溶湯をキャビティ内に急速供給し、この間金型への冷却水流量調整を行なうことを特徴とするアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法を提供する。
- 20 この構成によれば、金型の合せ面がカバー部で覆われるため、金型の合せ面自体にシール材を施すことなく金型内キャビティを減圧することが可能になり、複雑な形状の金型やスライド金型等の合せ面や摺動面のシール性が不確実になりやすい金型構成であっても、金型自体にはシールを施すことなくこれを覆うカバー部でシールして減圧することにより、
- 25 、金型内キャビティの真空度を充分に高めることができ、ガスを確実に除去して鑄巣の発生をなくし溶接及び熱処理が可能で高品質のダイカス

ト鑄造品を得ることができる。

この場合、可動側と固定側のカバー部同士の合せ面にシール材を設ける構成とした場合、シール材は高温の金型から空間を隔てた位置に設けられるため、金型からの熱的影響が低減し、シール材の劣化が防止され

5 高いシール性が維持される。また、キャビティを減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が行われるため、カバー部と金型との間の空間を減圧することにより、金型のキャビティを直接減圧することに加えて、金型合い面の周縁の隙間を通して金型内のキャビティを減圧することができ、また離型剤の蒸発ガスも吸引除去され

10 るため、キャビティ内のガスを確実に排出することができる。これにより、キャビティへの湯廻りがよくなり、薄肉形成用のキャビティであっても隅々まで確実に溶湯が充填され鑄巣のない高品質のダイカスト製品を得ることができる。

好ましい構成例では、前記キャビティを形成する工程と、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆う工程が

15 同時に行われることを特徴としている。

この構成によれば、金型を合せてキャビティを形成するのと同時に金型がカバー部で覆われるため、金型をカバー部で覆う工程を増やすことによる鑄造のサイクルタイムが増加することがない。

20 好ましい構成例では、前記キャビティを形成する工程の後に、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介して覆う工程が行われることを特徴としている。

この構成によれば、金型の型締め確認後にカバー部で覆う工程が行われるため、空間形成及び密封の信頼感が向上する。

25 好ましい構成例では、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程がほぼ同時に行われること

を特徴としている。

この構成によれば、キャビティ内を減圧するのとほぼ同時にカバー部と金型間の空間が減圧されるため、カバー部と金型間の空間を減圧する工程を増やすことによる鑄造のサイクルタイムが増加することがない。

- 5 好ましい構成例では、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が時間をずらせて行われることを特徴としている。

- 10 この構成によれば、スライド金型の入り組み形状や排気通路抵抗等を考慮して空間部の排気とキャビティの排気時間をずらせることにより金型全体に対し効率よく順序立てて真空排気を行い、キャビティ内のガスを確実に排気できる。

好ましい構成例では、前記キャビティ内を減圧する工程の前に、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が行われることを特徴としている。

- 15 この構成によれば、キャビティ内に先がけて空間部を真空排気するため、金型の合せ面やスライド型の摺動面等の隙間に入り込んで付着している液状の離型剤がキャビティ内に吸引されることなく空間3側へ直接吸い出される。このため、余分な離型剤がキャビティ内に流入して溶湯に混入して鑄巣等に欠陥を引き起こすことが防止される。

- 20 好ましい構成例では、前記アルミニウム合金は、Feを含み、Siを18～22wt%含むことを特徴としている。

- 25 この構成によれば、アルミニウム合金中に、Siが18～22wt%含まれるため、冷却速度の速い高圧ダイカスト法で鑄造した場合であっても、十分なSi粒子が得られ、耐摩耗性が高められる。18%以下では、高圧ダイカスト法で鑄造した場合、Si粒子が大きくなり十分な耐摩耗性が得られない。また、22%以上では、もろくなって耐摩耗性

を低下させる。さらにこのような適度なS iは、鑄造工程で表面に晶出し、金型との焼き付きを防止する。

好ましい構成例では、前記アルミニウム合金は、F eを0.4～1.5wt%含むことを特徴としている。

- 5 この構成によれば、アルミニウム合金中にF eが0.4～1.5%含まれるため、高圧ダイカスト法で鑄造した場合に、金型との焼付きが防止される。この場合、S iによる焼き付き防止作用と相まって焼き付き防止効果がさらに高められる。F eが0.4%以下では焼付きを十分に防止できない。また、1.5%以上では金属組織中にF eとA lとの間で生成された金属間化合物が大きく成長して粗大針状晶となり、もろく
- 10 なって伸び性を低下させる。

好ましい構成例では、前記金型から取り出した鑄造体を急冷する工程を含むことを特徴としている。

- この構成によれば、金型から取り出したダイカスト鑄造体を一旦急冷
- 15 することにより、例えばC uやM g等の化合物が均一に分散し、場所的に均等で安定した強度が得られる。なお、ここで急冷とは、水冷焼入れ処理に代表されるが、水冷に限らず、自然冷却以外に積極的に鑄造品を冷却するすべての冷却方法を含む。

- 好ましい構成例では、アルミニウム合金を上記本発明方法によるアル
- 20 ミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法を用いて製造したことを特徴としている。

このように本発明方法によりアルミニウム合金製品を製造することにより、鑄巣の発生を抑え、高品質で溶接及び熱処理が可能な鑄造品が得られる。

- 25 好ましい構成例では、前記アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンダブロック又はピストンであることを特徴としている。



この適用例によれば、鑄巣がなく溶接及び熱処理が可能で高品質のシリンドブロック又はピストンを低コストの高圧ダイカスト法で鑄造できる。なお、シリンドブロックは、シリンドボアを含むエンジンのシリンド部分であり、クランクケースやシリンドヘッドの一部を一体に鑄造した場合も含む。また、ピストンはシリンドボア内を摺動するピストンである。

好ましい構成例では、前記アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンドブロックであって、そのシリンドボアの表面にシリコン結晶が突出していることを特徴としている。

10 この構成によれば、アルミニウム合金からなるシリンドボアのアルミニウム母材表面に、Si結晶粒子を浮き出して突出させるため、この浮き上がったSi結晶粒子がピストンに接して摺動面を構成し、その周囲の凹んだアルミニウム母材表面に潤滑油が行き渡り、安定して耐摩耗性の優れたシリンドブロックが得られる。

15 さらに、本発明では、互いに一方向に相対移動可能な第1及び第2金型と、前記第1及び第2金型間に挟まれて前記一方向とは異なる方向に相対移動可能なスライド金型からなる複数の金型同士を合せてキャビティを形成し、前記キャビティ内を真空ポンプで減圧して、前記キャビティ内にアルミニウム合金の溶湯を供給するアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置において、前記第1及び第2金型のそれぞれに一体的に  
20 カバー部を設け、前記キャビティを形成時に、カバー部同士がシール材を介して当接することにより、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆うように構成するとともに、前記キャビティと前記空間とを真空ポンプに接続する真空配管を設け、前記プランジャチップの低速での前方移動に伴い、真空排気を開始し、前記真空配管を介して前記キャビティ内と、前記空間内を減圧し、溶湯がキャビ

ティ入口付近に達した時点でプランジャチップを高速移動させて溶湯をキャビティ内に急速供給し、この間金型への冷却水流量調整を行なうことを特徴とするアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置を提供する。

- 5 この構成によれば、金型の合せ面がカバー部で覆われるため、金型の合せ面自体にシール材を施すことなく、真空ポンプによりカバー部内を吸引排気して金型内キャビティを減圧することが可能になり、複雑な形状の金型やスライド金型等の合せ面や摺動面のシール性が不確実になりやすい金型構成であっても、金型自体にはシールを施すことなくこれを
- 10 覆うカバー部でシールして減圧することにより、金型内キャビティの真空度を十分に高めることができ、ガスを確実に除去して鑄巣の発生をなくし溶接及び熱処理が可能で高品質のダイカスト鑄造品を得ることができる。

- 好ましい構成例では、前記カバー部は、前記金型同士の合せ面の周縁
- 15 全体を空間を介して覆い、且つ前記第 1 及び第 2 金型に別体で固着したことを特徴としている。

この構成によれば、カバー部が別体であるため、既存の金型を利用して本発明を実施できる。

- 好ましい構成例では、前記カバー部は、前記金型同士の合せ面の周縁
- 20 全体を空間を介して覆い、且つ前記第 1 及び第 2 金型に一体成形したことを特徴としている。

この構成によれば、カバー部と金型が一体であるため、カバー部取付け用の部品が不要になり、部品点数が削減され構成がシンプルになる。

- 好ましい構成例では、前記カバー部には少なくとも一部の金型を駆動
- 25 するアクチュエータを取付けるための取付部を有することを特徴としている。

この構成によれば、カバー部側にアクチュエータを取付けて金型を駆動することができ、金型の構成が簡単になり、またレイアウトの自由度が大きくなる。

好ましい構成例では、前記カバー部を金型へ固着する固着部をカバー部  
5 部の内面に形成したことを特徴としている。

この構成によれば、カバー部の内面側でこのカバー部を金型に固着するため、カバー部の外面形状がシンプルになり、また取付けボルト等が外側に突出しないためシール構造が簡単になる。

好ましい構成例では、共通の真空ポンプに接続された前記真空配管の  
10 他端を前記空間に接続し、該空間を介して前記キャビティを真空ポンプに接続したことを特徴としている。

この構成によれば、真空ポンプ及び真空配管を共通化して構成を簡素化できるとともに、空間を介して効率よくキャビティ内を真空排気できる。

好ましい構成例では、前記キャビティを前記空間を介することなく共通の真空ポンプに接続したことを特徴としている。  
15

この構成によれば、共通の真空ポンプを用いて構成の簡素化を図るとともに、空間部とキャビティとを別の配管で排気することにより、効率よく確実にキャビティ内を真空排気できる。

好ましい構成例では、前記キャビティと前記空間を別経路の真空配管を介して別系統の真空ポンプに接続したことを特徴としている。  
20

この構成によれば、空間部とキャビティとを別の真空配管及び別の真空ポンプで排気することにより、空間部の構成や排気抵抗等を考慮して別々の真空系を設けてキャビティ内を効率よく確実に真空排気できる。

図1は、本発明に係る鑄造プロセスのフロー説明図である。

図2は、本発明に係る鑄造装置の構成図である。

図3は、図2の鑄造装置による鑄造プロセスのタイムチャートである。

図4は、本発明の第2の実施形態に係る鑄造装置の構成図である。

5 図5は、本発明の第3の実施形態の構成図である。

図6は、本発明の第4の実施形態の構成図である。

図7は、本発明の第5の実施形態の構成図である。

図8は、本発明の第6の実施形態の可動型の構成図である。

図9は、図8の可動型と一对になる固定型の構成図である。

10 図10は、本発明の第7の実施形態の可動型の構成図である。

図11は、図10の可動型と一对になる固定型の構成図である。

図12は、本発明に鑄造プロセスにおけるホーニング工程の説明図である。

15 図13は、本発明の別の実施形態に係るシリンダブロックの上面図である。

発明を実施するための最良の形態

表1は、本発明に係るAl-Si合金の材料成分を示す表である。

【表1】

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
19-21	0.40-0.60	2.0-3.0	0.1以下	0.40-0.60	0.1以下

Ni	Sn	Ca	Na	P	Al
0.1以下	0.1以下	0.01以下	0.01以下	100 ppm以上	残部

(wt %)

このアルミニウム合金は、再生アルミニウム合金の再生塊ベースの地金を溶解して形成する。ただし、新規なアルミニウム金属を用いた新塊ベースの地金から形成することもできる。このようなアルミニウム合金を用いて、後述のダイカスト鑄造により、エンジンのシリンダブロックが形成される。表中、Siは、シリンダボア摺動面の耐摩耗性を高め、また鑄造工程での耐焼付き性を向上させる。Feは、金型との焼付きを防ぐために添加する。Cu及びMgは、熱処理による母材強度を高める。Mn, Zn, Ni, Sn, Ca, Naは再生アルミニウムに元々含まれている不純物である。PはSi粒子の粒径及び分散を均一にするために添加される。

図1は、表1のアルミニウム合金を用いたダイカスト鑄造工程を示す。

#### 溶解工程S1:

所定の合金組成を有するアルミニウム合金の地金を溶解炉で溶解して溶湯を形成する。溶湯中に未溶解のSiが残存することを防止するために、溶湯をある所定温度以上に過熱する。地金が完全に溶解したら溶湯温度を前記過熱温度以下の所定の温度に保持しておく。この溶解工程において、溶湯前の地金あるいは溶湯にPを100ppm程度添加してお

く。これにより、合金中のSi粒子が均一に分散する。

#### 鑄造工程S2：

5 高圧ダイカスト鑄造法により行う。この場合、後述のカバー部内にセットした金型を減圧しながら鑄造する。このカバー部を用いて減圧することにより、スライド金型が多い金型であっても金型自体にシールを設けることなく、金型全体を吸引排気して金型内の真空度を高めることができ、ガスを確実に除き鑄巣の発生を防止することができる。

#### 熱処理工程S3：

10 鑄造後金型から取り出したシリンダブロックをT5、T6又はT7の熱処理を施す。T5処理は、鑄造品を金型から取り出した直後に水冷等により急冷し、その後、機械的性質の改善や寸法安定化のために、所定温度で所定時間だけ人工時効した後空冷する処理である。T6処理は、鑄造品を金型から取り出した後、所定温度で所定時間だけ溶体化処理し、その後水冷し、その後、所定温度で所定時間だけ人工時効処理した後  
15 空冷する処理である。T7処理は、T6処理に比べ過時効にする処理であり、寸法安定化が図られるが硬度はT6に比べ低下する。

#### 機械加工工程S4：

シリンダヘッドとの合せ面、クランクケースとの合せ面及びシリンダボア内面の研削、旋削等の加工を行う。

#### 20 ホーニング工程S5：

シリンダボア内面をホーニング加工する。このホーニングは後述（図12）のように、①荒ホーニング、②中仕上げホーニング、③仕上げホーニングの3工程で行う。

図2は上記鑄造工程S2で使用する鑄造装置の構成図である。

25 金型1は固定型2と可動型3とからなり、可動型3はベース金型4とスライド金型5とからなる。なお、固定型2及びベース金型4が、請求

項でいう第1金型及び第2金型のいずれか一方及び他方の金型を構成する。スライド金型5は、90度間隔で4分割され、各々にシリンダ6（上下の2つのみ示す）が備わり、ベース金型4の表面（ベース金型4とスライド金型5との間の合せ面30）に沿って矢印Aのようスライドし、

5、 casting時に中央にシリンダブロックのキャビティ7を形成する。なお、このシリンダ6は、請求項でいうスライド金型を駆動するアクチュエータである。7a, 7bはシリンダボア形成部であり、7cは空冷フィン形成部を示す。ベース金型4には押出ピン8が備わり、 castingショットごとに、スライド金型5が開いた状態で casting品を押出して金型から取り出す。31は、固定型2と可動型3との間の合せ面である。

10

固定型2には、射出スリーブ9が設けられる。射出スリーブ9内をロッド10の先端に設けられたプランジャチップ11が往復動作する。射出スリーブ9には給湯口12が形成され、プランジャチップ11が原位置（給湯口12の後方（図の右側）の位置）の状態で、1ショット分の

15 溶湯を注入する。給湯口12の前方にはチップセンサ13が設けられる。このチップセンサ13は、プランジャチップ11が給湯口12を通過したことを検出するためのものである。

金型1全体は、カバー部14で覆われる。カバー部14は、固定型2を収容する固定側カバー部14aと、可動型3を収容する可動側カバー部14bとからなり、合せ面にOリング等のシール材15が装着される。

20

カバー部14を貫通するシリンダ6、押出ピン8及び射出スリーブ9の各々とカバー部14との間の隙間には、Oリング等からなるシール材15が装着され、カバー部14内の気密を保つ。カバー部14の可動側

25 カバー部14b（又は固定側カバー部14a）にリークバルブ16が設けられる。

固定型 2 には、キャビティ 7 に連通する排気通路 17 が形成される。排気通路 17 は可動型側に形成してもよい。この排気通路 17 にバイパス通路 17 a が備わり、このバイパス通路 17 a を開閉するオンオフバルブ 18 が備わる。バイパス通路 17 a は、鑄造時（図示した状態）で

5 金型内を真空吸引したときに、オンオフバルブ 18 が装着された部分の排気通路 17 をバイパスさせて排気通路 17 を金型外部と連通させるためのものである。オンオフバルブ 18 は、例えばメタルタッチ式バルブであって、キャビティ 7 に溶湯が充填されて、残りの溶湯が排気通路 17 を通して上昇してきたときに、溶湯がオンオフバルブ 18 に接すると

10 、これを押上げて排気通路 17 とともにバイパス通路 17 a を閉じて、溶湯が金型外に噴き出ることを防止する。このようなメタルタッチ式バルブに代えて、プランジャチップ 11 の位置を検出し、1 ショット分の溶湯押し込みが終了した位置でアクチュエータを介して排気通路 17 を閉じるバルブ構成としてもよい。また、このような溶湯の噴出し防止手段として、キャビティに連通するジグザグ状で経路の長い細い通路を形成し、キャビティから溢れる溶湯をこの通路を通すことにより、途中で

15 固化させて金型外への流出を防止するチルベント構造を用いてもよい。

カバー部 14（この例では固定側カバー部 14 a）に、真空タンク 19 に連通する 1 本又は複数（この例では 2 本）の真空配管 20 が接続される。真空タンク 19 は、真空ポンプ 21 により所定の真空圧に維持される。真空ポンプ 21 は、制御装置 22 により、プランジャチップ 11 のストローク位置の検出信号あるいはストローク時間のタイマ信号等に基づいてキャビティ減圧の開始及び終了のタイミングでオンオフ制御される。

25 なお、カバー部 14 は金型 1 全体を覆っているが、局部的に（例えば金型 1 の外周部を合せ面 30、31 の周縁 30 a、31 a に沿ってリン



グ状に) 覆ってもよい。また、スライド金型 5 を駆動するためのシリンダ 6 を覆う形状のカバー部 14 を設けてもよい (図 6、図 7 等参照)。

このように金型 1 を覆うカバー部 14 を設け、このカバー部 14 を真空排気してキャビティ 7 内を減圧しながら鋳造を行うことにより、スライド金型 5 が多くなった場合であっても、金型自体にシールを施すことなく金型全体に対し真空吸引を行い、合せ面 30, 31 の隙間からもキャビティを真空吸引するため、真空度が高められ、金型内からガスを確実に除去することができる。また、カバー部 14 の固定側カバー部 14a と可動側カバー部 14b の合せ面のシール材 15 は高温の金型 1 から離間した位置に装着されるため、熱的影響が小さくなってシール材の劣化が防止され耐久性が向上する。

図中、冷却水流量調整ユニット 60 は、図示したように、鋳造プロセスにおける金型 1 を冷却制御するものであり、例えば、プランジャチップ 11 による高速射出のタイミング (図 3 の t2) でバルブ (不図示) を開いてタイマで一定時間冷却水を流す構成とすることができる。この一定時間は、例えば、型割りして製品を取り出すまでの時間とする。このとき、温度センサにより、冷却水温あるいは金型温度をモニタして冷却効果を確認してもよい。あるいは温度センサによりフィードバック制御することもできる。なお、冷却が不十分であると全体が凝固するまでに時間がかかり未凝固部分が凝固部分に引っ張られて巣ができやすくなる。逆に冷却しすぎると、凝固速度が速くなって Si 析出量が少なくなり耐摩耗性が低下する。

図 3 は、前述の図 2 のカバー部 14 を有する金型 1 を用いて、図 1 の鋳造工程 S2 を実施したときの金型内の真空度を示すタイムチャートである。横軸は時間、縦軸は真空度を示す。

まず、図 2 に示した金型 1 のスライド金型 5 を所定の位置に配置して

キャビティ 7 を形成し、可動型 3 を固定型 2 に突き合せて型締めする。  
このときカバー部 1 4 の固定側カバー部 1 4 a と可動側カバー部 1 4 b  
の合せ面 3 2 同士がシール材 1 5 を介して突き合わされ、カバー部 1 4  
内が封止される。すなわち、固定型 2 と可動型 3 とを合せてキャビティ  
5 7 を形成する型締め工程と、この金型 1 をカバー部 1 4 で覆って封止す  
る封止工程が同時に行われる。これにより鋳造のサイクルタイムの短縮  
が図られる。なお、固定型 2 と可動型 3 を型締めしてキャビティを形成  
した後に、この金型 1 をカバー部 1 4 で覆って封止することも可能であ  
る。

10 時間  $t_0$  : プランジャチップ 1 1 は、原位置（給湯口 1 2 の後方）に  
あり、給湯口 1 2 が開いた状態であって、この給湯口 1 2 を介して金型  
1 内は大気圧状態である。この状態で給湯口 1 2 から 1 ショット分のア  
ルミニウム合金の溶湯を注入する。溶湯が注入されたらプランジャチッ  
プ 1 1 を低速で前方に移動し、射出スリーブ 9 内の溶湯を押し込む。

15 時間  $t_1$  : チップセンサ 1 3（図 2）がプランジャチップ 1 1 を検出  
する。この状態では、プランジャチップ 1 1 が給湯口 1 2 を越えて前方  
に位置するため、カバー部 1 4 内は完全に気密封止される。この時点で  
、真空ポンプ 2 1 を駆動してカバー部 1 4 内を真空排気する。

この真空排気により、金型 1 とカバー部 1 4 との間の空間 3 3 とキャ  
20 ビティ 7 内の真空排気が同時に行われる。これにより、減圧プロセスが  
効率よく行われ、鋳造のサイクルタイムの短縮が図られる。なお、キャ  
ビティ 7 の真空排気経路と、金型 1 とカバー部 1 4 間の空間 3 3 の真空  
排気経路とを別にして時間をずらせて真空排気することも可能である。

特に、キャビティ内に先がけて空間部を真空排気すると、金型の合せ  
25 面やスライド型の摺動面等の隙間に入り込んで付着している液状の離型  
剤がキャビティ内に吸引されることなく空間 3 3 側へ直接吸い出される

ため、余分な離型剤がキャビティ内に流入して溶湯に混入して鑄巣等に欠陥を引き起こすことが防止される。

このような真空排気による吸引プロセスにより金型1内のキャビティ7内が減圧され、徐々に真空度が高まる。プランジャチップ11は低速で前進し続け、溶湯をキャビティ側に押し込む。プランジャチップ11が給湯口12を越えてから真空排気を開始することにより、給湯口12を通してエアが金型内に吸引されることを回避できる。これにより、鑄巣の発生をさらに確実に防止するとともに、エアによる溶湯表面の局部的冷却を防止し、均一で安定した品質の鑄造品を得ることができる。

- 10 時間t2：溶湯がキャビティの入口に達した時点でプランジャチップ11を低速から高速に切換え、溶湯を急速にキャビティ内に供給する。

時間t3：キャビティ内が溶湯で完全に充填され射出が完了する。このとき溶湯が排気通路17のオンオフバルブ18（図2）を押上げ排気通路17からの溶湯の噴き出しが防止される。

- 15 時間t4：真空ポンプ21を停止して真空排気による減圧を終了する。この時点ではカバー部14内はまだ減圧された状態である。

時間t5：リークバルブ16を開きカバー部14内を大気開放する。リークバルブ16を介してカバー部内が時間とともに大気圧に近づく。

- 20 時間t6：カバー部14内が完全に大気圧に戻る。この時点で金型を開き、鑄造品を取り出す。大気圧に戻してから金型とともにカバー部14を開くことにより、カバー部の合い面32に装着したOリングの脱落が防止される。

- 25 なお、真空ポンプ21自体をオンオフする代わりに、真空ポンプは常時オン状態とし、真空配管上に設けた電磁バルブ61をオンオフすることにより真空引きのタイミング制御を行ってもよい。

例えば、チップセンサ13がプランジャチップ11を検出した時点（

てもよい。また、排気通路 17 は、図 6 の例と同様に、カバー部 14 の空間 33 に開口させて、同一の真空配管 20 で減圧するようにしてもよい。その他の構成及び作用効果は前述の図 6 の例と同様である。

図 8 は、本発明の第 6 の実施形態に係るダイカスト鑄造装置の可動金  
5 型を示し、(A) は中央部縦断面図、(B) は正面図である。なお、前述の図 2 等の実施形態と対応する部分には同一の番号を付してある。

可動型 3 は、ベース金型 4 と十字方向の 4 つのスライド金型 5 とからなる。下側のスライド金型 5 に分流子 39 が形成される。この分流子 39 は、固定型側の射出スリーブ 9 (図 9) に嵌まり込んで溶湯を円滑に  
10 流す流路を形成するものである。排気通路 17 にメタルタッチ式のオンオフバルブ 18 が設けられ、このオンオフバルブ 18 を元に戻すための油圧シリンダからなるアクチュエータ 38 が備わる。

可動型 3 は、その全体が可動側カバー部 14 b で覆われる。可動型 3 のベース金型 4 の内面側に凹み 42 が形成され、この凹み 42 からボルト 43 を差込んで可動側カバー部 14 b をベース金型 4 に対し内面側か  
15 ら固定する。ボルト 43 は、例えば 4 つのスライド金型 5 の位置に対応して 4 ケ所で締結される (図は 1 本のみ示す)。このように内側から可動側カバー部 14 b を固定することにより、ボルト 43 が外側に突出しないため、カバー部外面のシール構造が不要あるいは簡単になるとともに、可動側カバー部 14 b の外形が簡素化する。  
20

なお、ボルト 43 を内側から螺着する方法に代えて、カバー部内面にスタッドボルトを設けておいて、これに対応する貫通孔をベース金型 4 に形成し、スタッドボルトを挿通させてナットで締結することにより固定してもよい。

25 また、内側からボルト 43 で固定する固着方法に代えて、図の想像線で示したように、可動側カバー部 14 b の外側からベース金型 4 に対し

ボルト 44 で固定することも可能である。

固定側カバー部 14a (図 9) に対する可動側カバー部 14b の合せ面 32 の全周に沿って、連続したシール溝 40 が形成され、シール材 15 が嵌め込まれる。

- 5     スライド金型 5 を駆動するシリンダ (アクチュエータ) 6 のフランジ 6a に対向する可動側カバー部 14b にも、凹み 41 が形成されその内部にシール材 15 が装着される。

図 9 は、上記図 8 の可動型に対応する固定型を示し、(A) は正面図、(B) は中央断面図である。

- 10    固定型 2 の中央部にシリンダボア形成部 7b が設けられ、その下部に、射出スリーブ 9 が装着される挿通孔 45 が形成される。固定型 2 は、その全体が固定側カバー部 14a で覆われる。固定側カバー部 14a は、前述の可動側カバー部 14b と同様に、内側からボルト (不図示) により固定型 2 に固定される。

- 15    可動側カバー部 14b に形成した合せ面 32 (図 8) に対向する固定側カバー部 14a の合せ面 32 は平面であり、この平面で可動側カバー部 14b のシール材 15 (図 8) を受ける。可動側カバー部 14b と固定側カバー部 14a の合せ面 32 同士を圧接することにより、シール材 15 を介して可動側カバー部 14b と固定側カバー部 14a 同士が気密  
20    封止され両者一体のカバー部が形成される。

図 10 は、本発明の第 7 の実施形態に係る可動型を示し、(A) は中央断面図、(B) は正面図である。

- この実施形態の可動型 46 はベース金型 47 と 1 つのスライド金型 48 とからなり、例えば水冷エンジンのシリンダ形成用のキャビティ 49  
25    が形成される。ベース金型 47 とスライド金型 48 の合せ面 (摺動面) 30 の縁部を覆って局部的に可動側カバー部 50b が取付けられる。固

定側カバー部 50 a (図 11) との合せ面 32 に、図 8 の例と同様に、シール溝 (不図示) が形成されシール材 15 が装着される。このシール材 15 は、キャビティ 49 を囲んで固定型 52 (図 11) と可動型 46 との合せ面 31 に連続して設けられる。

- 5      スライド金型 48 を駆動するシリンダ (アクチュエータ) 6 のフランジ 6 a に対向する可動側カバー部 50 b にも、凹み (不図示) が形成されその内部にシール材 15 が装着される。同様に、可動側カバー部 50 b とベース金型 47 との間の合せ面 51 についても、可動側カバー部 50 b に凹み (不図示) を形成してその内部にシール材 15 が装着される
- 10      。

図 11 は、上記図 10 の可動型 46 に対応する固定型 52 を示し、(A) は正面図、(B) は中央断面図である。

- 固定型 52 の下部に、射出スリーブ 9 が装着される挿通孔 45 が形成される。固定型 2 の上部が局部的に、可動側カバー部 50 b (図 10) に対応して、固定側カバー部 50 a で覆われる。固定側カバー部 50 a は、前述の可動側カバー部 50 b と同様に、合せ面 51 に凹み (不図示) を設け、この凹みに装着したシール材 15 を介して固定型 52 に固定される。
- 15

- 可動側カバー部 50 b に形成した合せ面 32 (図 10) に対向する固定側カバー部 50 a の合せ面 32 は平面であり、この平面で可動側カバー部 50 b のシール材 15 (図 10) を受ける。可動側カバー部 50 b と固定側カバー部 50 a の合せ面 32 同士及び可動型 46 と固定型 52 の合せ面 31 同士を圧接することにより、シール材 15 を介して可動側カバー部 50 b と固定側カバー部 50 a 同士が気密封止され両者一体のカバー部が形成されるとともにキャビティ 49 がシールされる。
- 20
- 25

図 12 は、前述の図 1 におけるシリンダボアのホーニング工程 S5 の

## 23

工程説明図である。ホーニングは①荒ホーニング、②中仕上げホーニング、③仕上げホーニングの3段階で行われる。①の荒ホーニングでは、ボアの径や真円度が荒加工で形成される。この荒ホーニングでは、ボア表面は、(A)に示すように、Al母材と母材中に分散しているSi粒子の表面が砥石研削され、表面が粗い状態である。

②の中仕上げホーニングでは、(B)に示すように、ボア表面が鏡面仕上げされる。

③の仕上げホーニングでは、Al母材を所定量だけ研削し、(C)に示すように、Si粒子表面を浮き上らせる。③の仕上げホーニングに替えて苛性ソーダ水溶液中に侵漬するアルカリエッチング処理を施してもよい。

図13は、水冷エンジンの場合のシリンダブロックの上面図である。

この例は3気筒のオープンデッキ型のシリンダブロック25を示す。各シリンダ26の内面にボア27が形成され、外周にウォータージャケット28の空間が形成される。シリンダヘッドとの合い面のこのウォータージャケット28にAl合金の角材形状の補強ピース29を嵌め込む凹部を形成しておき、 casting後にこの凹部に補強ピース29を嵌め込んで溶接する。本発明のダイカスト castingにおいては、前述のように高真空度で減圧しながら成形することにより、 casting品に含まれるガス量が極めて少ないため、 casting品に対し補強ピース29を溶接することが可能になる。

溶接後熱処理(T5, T6又はT7)が施され、その後、前述と同様に、機械加工及びホーニング加工が施される。なお、補強ピース29の形状や数及び配置位置は図の例に限定されず、適宜な数を適宜な位置に溶接することができる。このような補強ピース29を溶接することにより、底部で片持ち状に立設されているオープンデッキ型の各気筒の剛性

を高めることができる。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明では、金型の合せ面がカバー部で覆  
5 われるため、金型の合せ面自体にシール材を施すことなく金型内キャビ  
ティを減圧することが可能になり、複雑な形状の金型やスライド金型等  
の合せ面や摺動面のシール性が不確実になりやすい金型構成であっても  
、金型自体にはシールを施すことなくこれを覆うカバー部でシールして  
10 減圧することにより、金型内キャビティの真空度を十分に高めることが  
でき、ガスを確実に除去して鑄巣の発生をなくし溶接及び熱処理が可能  
で高品質のダイカスト鑄造品を得ることができる。

この場合、可動側と固定側のカバー部同士の合せ面にシール材を  
設ける構成とした場合、シール材は高温の金型から空間を隔てた位置に  
15 設けられるため、金型からの熱的影響が低減し、シール材の劣化が防止  
され高いシール性が維持される。また、キャビティを減圧する工程と、  
前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が行われるため、  
カバー部と金型との間の空間を減圧することにより、金型のキャビティ  
を直接減圧することに加えて、金型合い面の周縁の隙間を通して金型内  
20 のキャビティを減圧することができ、また離型剤の蒸発ガスも吸引除去  
されるため、キャビティ内のガスを確実に排出することができる。これ  
により、キャビティへの湯廻りがよくなり、薄肉形成用のキャビティで  
あっても隅々まで確実に溶湯が充填され鑄巣のない高品質のダイカスト  
製品を得ることができる。

また、キャビティを形成する工程と、金型同士の合せ面の周縁の  
25 全体又は一部を空間を介してカバー部で覆う工程を同時に行うことによ  
り、金型を合せてキャビティを形成すると同時に金型がカバー部で覆



われるため、金型をカバー部で覆う工程を増やすことによる鑄造のサイクルタイムが増加することがない。

また、キャビティを形成する工程の後に、金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介して覆う工程を行うことにより、金型の型  
5 締め確認後にカバー部で覆う工程が行われるため、空間形成及び密封の信頼感が向上する。

また、キャビティ内を減圧する工程と、カバー部と金型との間の空間を減圧する工程をほぼ同時に行うことにより、キャビティ内を減圧するのとほぼ同時にカバー部と金型間の空間が減圧されるため、カバー  
10 部と金型間の空間を減圧する工程を増やすことによる鑄造のサイクルタイムが増加することがない。

また、キャビティ内を減圧する工程と、カバー部と金型との間の空間を減圧する工程を時間をずらせて行うことにより、スライド金型の入り組み形状や排気通路抵抗等を考慮して空間部の排気とキャビティの  
15 排気時間をずらせることにより金型全体に対し効率よく順序立てて真空排気を行い、キャビティ内のガスを確実に排気できる。

また、アルミニウム合金中に、Siが18～22wt.%含まれるため、冷却速度の速い高圧ダイカスト法で鑄造した場合であっても、十分なSi粒子が得られ、耐摩耗性が高められる。18%以下では、高圧  
20 ダイカスト法で鑄造した場合、Si粒子が大きくなり十分な耐摩耗性が得られない。また、22%以上では、もろくなって耐摩耗性を低下させる。さらにこのような適度なSiは、鑄造工程で表面に晶出し、金型との焼き付きを防止する。

また、アルミニウム合金中にFeが0.4～1.5%含まれるため、高圧ダイカスト法で鑄造した場合に、金型との焼付きが防止される  
25 。この場合、Siによる焼き付き防止作用と相まって焼き付き防止効果

がさらに高められる。Feが0.4%以下では焼付きを十分に防止できない。また、1.5%以上では金属組織中にFeとAlとの間で生成された金属間化合物が大きく成長して粗大針状晶となり、もろくなって伸び性を低下させる。

5        また、金型から取り出したダイカスト鑄造体を一旦急冷することにより、例えばCuやMg等の化合物が均一に分散し、場所的に均等で安定した強度が得られる。なお、ここで急冷とは、水冷焼入れ処理に代表されるが、水冷に限らず、自然冷却以外に積極的に鑄造品を冷却するすべての冷却方法を含む。

10        また、本発明方法によりアルミニウム合金製品を製造することにより、鑄巣の発生を抑え、高品質で溶接及び熱処理が可能な鑄造品が得られる。

15        また、アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンダブロック又はピストンとすれば、鑄巣がなく溶接及び熱処理が可能で高品質のシリンダブロック又はピストンを低コストの高圧ダイカスト法で鑄造できる。なお、シリンダブロックは、シリンダボアを含むエンジンのシリンダ部分であり、クランクケースやシリンダヘッドの一部を一体に鑄造した場合も含む。また、ピストンはシリンダボア内を摺動するピストンである。

20        また、アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンダブロックであって、そのシリンダボアの表面にシリコン結晶が突出する構成とすれば、アルミニウム合金からなるシリンダボアのアルミニウム母材表面に、Si結晶粒子を浮き出して突出させるため、この浮き上がったSi結晶粒子がピストンに接して摺動面を構成し、その周囲の凹んだアルミニウム母材表面に潤滑油が行き渡り、安定して耐摩耗性の優れたシリンダ  
25        ブロックが得られる。

さらに、本発明に係るアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置では、金型の合せ面がカバー部で覆われるため、金型の合せ面自体にシール材を施すことなく、真空ポンプによりカバー部内を吸引排気して金型内キャビティを減圧することが可能になり、複雑な形状の金型やス  
5 ライド金型等の合せ面や摺動面のシール性が不確実になりやすい金型構成であっても、金型自体にはシールを施すことなくこれを覆うカバー部でシールして減圧することにより、金型内キャビティの真空度を充分に高めることができ、ガスを確実に除去して鑄巣の発生をなくし溶接及び熱処理が可能で高品質のダイカスト鑄造品を得ることができる。

10 また、カバー部は、金型同士の合せ面の周縁全体を空間を介して覆い、且つ第1及び第2金型に別体で固着すれば、カバー部が別体であるため、既存の金型を利用して本発明を実施できる。

また、カバー部は、金型同士の合せ面の周縁全体を空間を介して覆い、且つ第1及び第2金型に一体成形する構成とすれば、カバー部と  
15 金型が一体であるため、カバー部取付け用の部品が不要になり、部品点数が削減され構成がシンプルになる。

また、カバー部には少なくとも一部の金型を駆動するアクチュエータを取付けるための取付部を有するため、カバー側にアクチュエータを取付けて金型を駆動することができ、金型の構成が簡単になり、また  
20 レイアウトの自由度が大きくなる。

また、カバー部を金型へ固着する固着部をカバー部の内面に形成する構成とすれば、カバー部の内面側でこのカバー部を金型に固着するため、カバー部の外面形状がシンプルになり、また取付けボルト等が外側に突出しないためシール構造が簡単になる。

25 また、共通の真空ポンプに接続された真空配管の他端を空間に接続し、該空間を介してキャビティを真空ポンプに接続する構成とすれば

、真空ポンプ及び真空配管を共通化して構成を簡素化できるとともに、空間を介して効率よくキャビティ内を真空排気できる。

- また、キャビティを空間を介することなく共通の真空ポンプに接続する構成とすれば、共通の真空ポンプを用いて構成の簡素化を図ると
- 5   ともに、空間部とキャビティとを別の配管で排気することにより、効率よく確実にキャビティ内を真空排気できる。

- また、キャビティと空間を別経路の真空配管を介して別系統の真空ポンプに接続する構成とすれば、空間部とキャビティとを別の真空配管及び別の真空ポンプで排気することにより、空間部の構成や排気抵抗
- 10   等を考慮して別々の真空系を設けてキャビティ内を効率よく確実に真空排気できる。

## 請 求 の 範 囲

1. 互いに一方向に相対移動可能な第1及び第2金型と、前記第1及び第2金型間に挟まれて前記一方向とは異なる方向に相対移動可能なスライド金型からなる複数の金型同士を合せてキャビティを形成する工程と、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記キャビティ内にアルミニウム合金の溶湯を供給する工程とを含むアルミニウム合金の真空ダイカスト製造方法であって、前記キャビティを形成する工程は、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆う工程を付随して有し、続いて、プランジャチップの低速での前方移動に伴い、真空排気を開始することにより、前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程とを行って真空度を徐々に高め、溶湯がキャビティ入口付近に達した時点でプランジャチップを高速移動させて溶湯をキャビティ内に急速供給し、この間金型への冷却水流量調整を行なうことを特徴とするアルミニウム合金の真空ダイカスト製造方法。
2. 前記キャビティを形成する工程と、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆う工程が同時に行われることを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト製造方法。
3. 前記キャビティを形成する工程の後に、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介して覆う工程が行われることを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト製造方法。
4. 前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程がほぼ同時に行われることを特徴とする請求項2又は3に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト製造方法。

5. 前記キャビティ内を減圧する工程と、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が時間をずらせて行われることを特徴とする請求項2又は3に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法。

6. 前記キャビティ内を減圧する工程の前に、前記カバー部と前記金型との間の空間を減圧する工程が行われることを特徴とする請求項5に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法。

7. 前記アルミニウム合金は、Feを含み、Siを18～22wt%含むことを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法。

10 8. 前記アルミニウム合金は、Feを0.4～1.5wt%含むことを特徴とする請求項7に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法。

9. 前記金型から取り出した鑄造体を急冷する工程を含むことを特徴とする請求項7又は8に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法。

10. 請求項7から9のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造方法を用いて製造したことを特徴とするアルミニウム合金製品。

11. 前記アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンダブロック又はピストンであることを特徴とする請求項10に記載のアルミニウム合金製品。

12. 前記アルミニウム合金製品は、エンジンのシリンダブロックであって、そのシリンダボアの表面にシリコン結晶が突出していることを特徴とする請求項10に記載のアルミニウム合金製品。

13. 互いに一方向に相対移動可能な第1及び第2金型と、前記第1及び第2金型間に挟まれて前記一方向とは異なる方向に相対移動可能なス

ライド金型からなる複数の金型同士を合せてキャビティを形成し、前記キャビティ内を真空ポンプで減圧して、前記キャビティ内にアルミニウム合金の溶湯を供給するアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置において、前記第1及び第2金型のそれぞれに一体的にカバー部を設け、

- 5 前記キャビティを形成時に、カバー部同士がシール材を介して当接することにより、前記金型同士の合せ面の周縁の全体又は一部を空間を介してカバー部で覆うように構成するとともに、前記キャビティと前記空間とを真空ポンプに接続する真空配管を設け、前記プランジャチップの低速での前方移動に伴い、真空排気を開始し、前記真空配管を介して前記
- 10 キャビティ内と、前記空間内を減圧し、溶湯がキャビティ入口付近に達した時点でプランジャチップを高速移動させて溶湯をキャビティ内に急速供給し、この間金型への冷却水流量調整を行なうことを特徴とするアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

14. 前記カバー部は、前記金型同士の合せ面の周縁全体を空間を介して覆い、且つ前記第1及び第2金型に別体で固着したことを特徴とする
- 15 請求項13に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

15. 前記カバー部は、前記金型同士の合せ面の周縁全体を空間を介して覆い、且つ前記第1及び第2金型に一体成形したことを特徴とする請求項13に記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

- 20 16. 前記カバー部には少なくとも一部の金型を駆動するアクチュエータを取付けるための取付部を有することを特徴とする請求項13から15のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

17. 前記カバー部を金型へ固着する固着部をカバー部の内面に形成したことを特徴とする請求項14に記載のアルミニウム合金の真空ダイカ
- 25 スト鑄造装置。

18. 共通の真空ポンプに接続された前記真空配管の他端を前記空間に

接続し、該空間を介して前記キャビティを真空ポンプに接続したことを特徴とする請求項 13 から 17 のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

19. 前記キャビティを前記空間を介することなく共通の真空ポンプに  
5 接続したことを特徴とする請求項 13 から 17 のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。

20. 前記キャビティと前記空間を別経路の真空配管を介して別系統の真空ポンプに接続したことを特徴とする請求項 13 から 17 のいずれかに記載のアルミニウム合金の真空ダイカスト鑄造装置。



図1

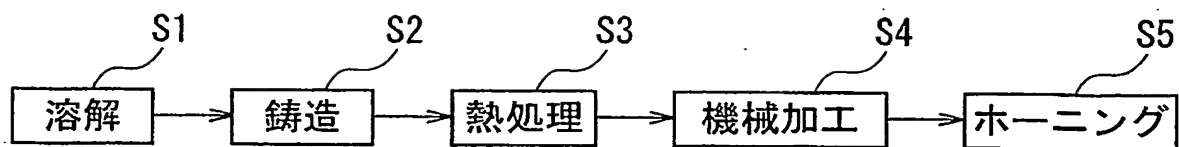


図2

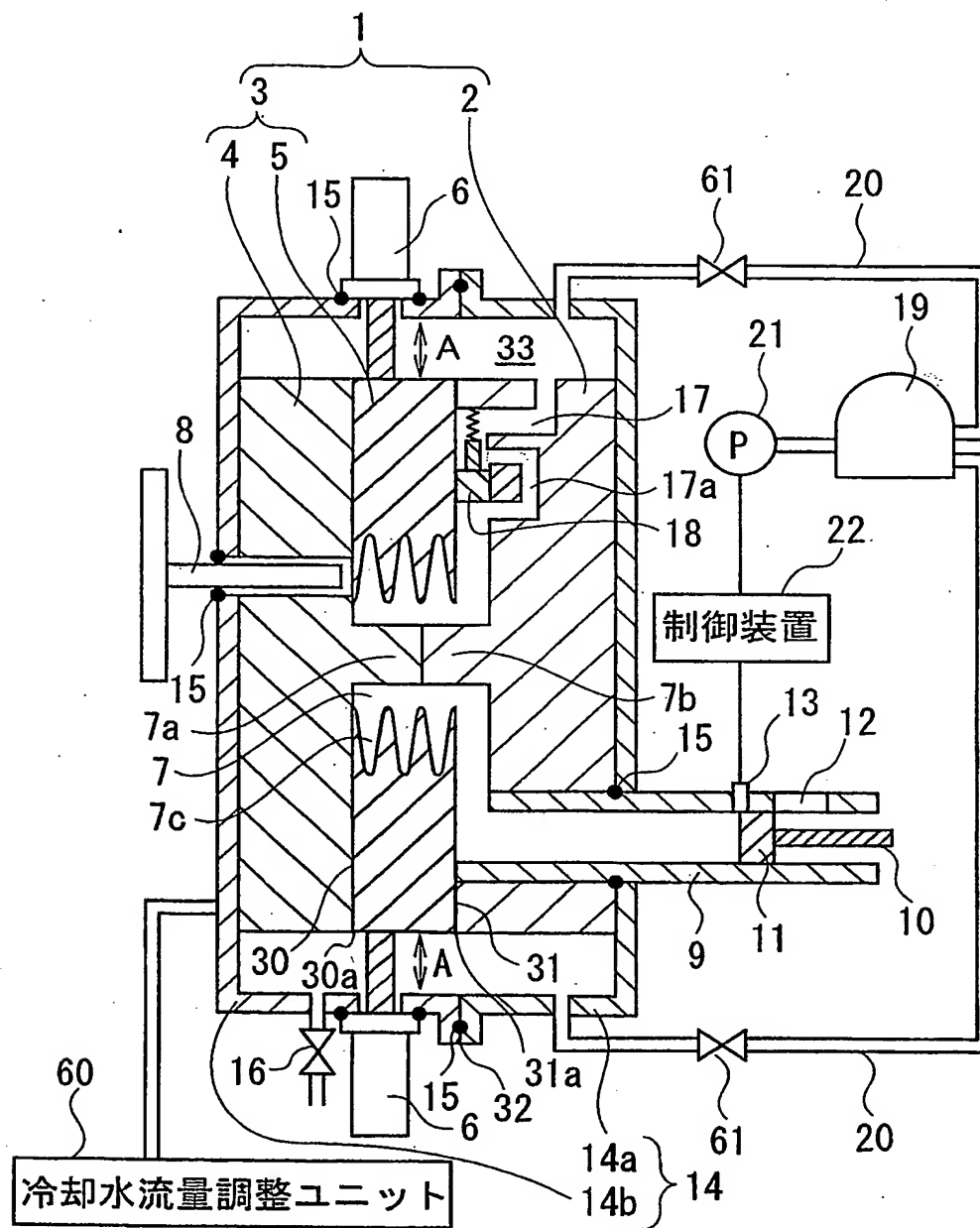


図3

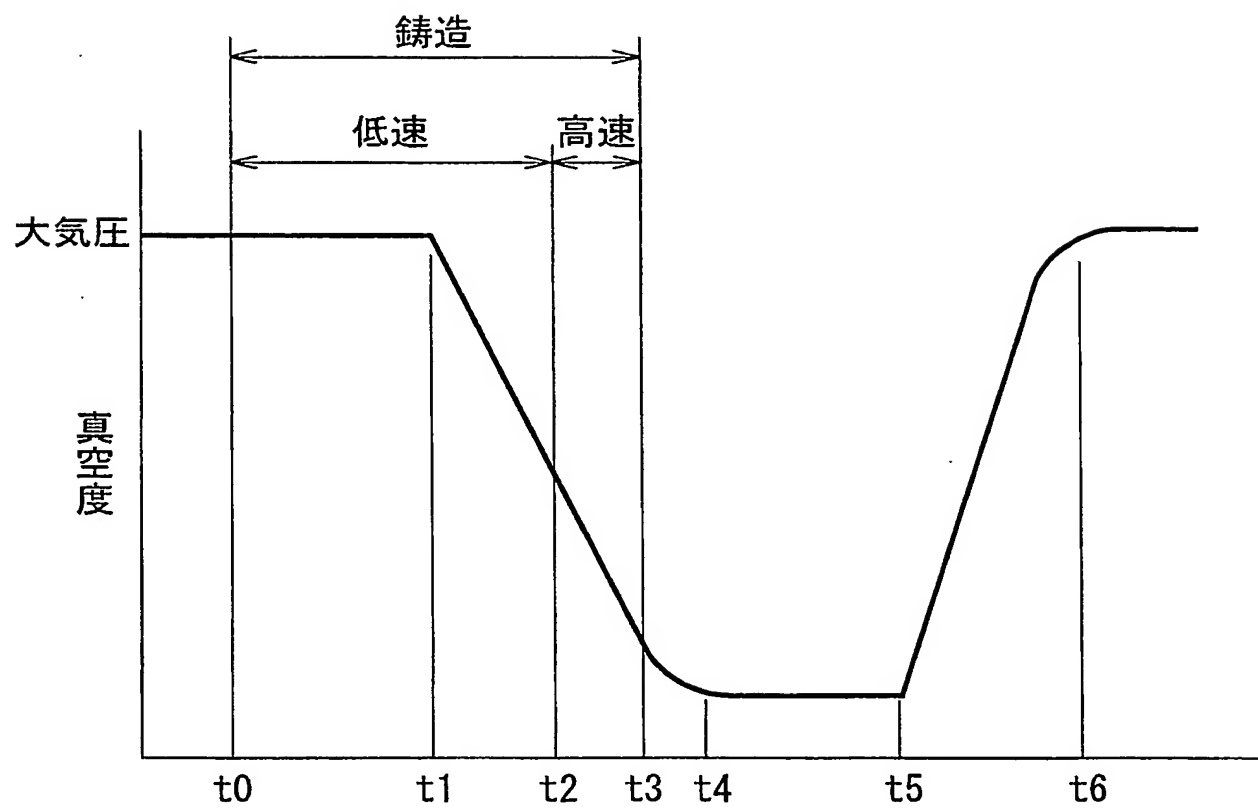




図5

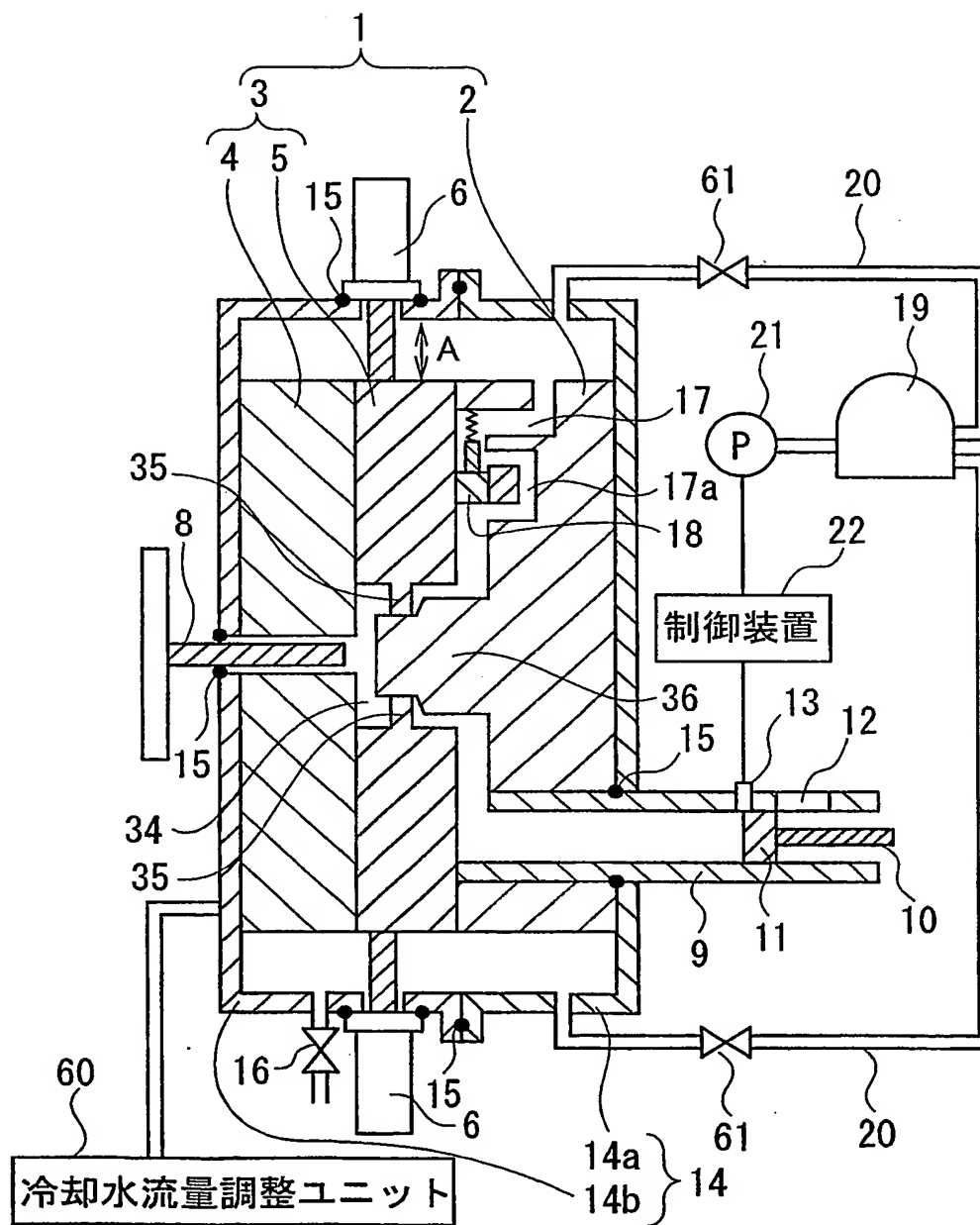


图6

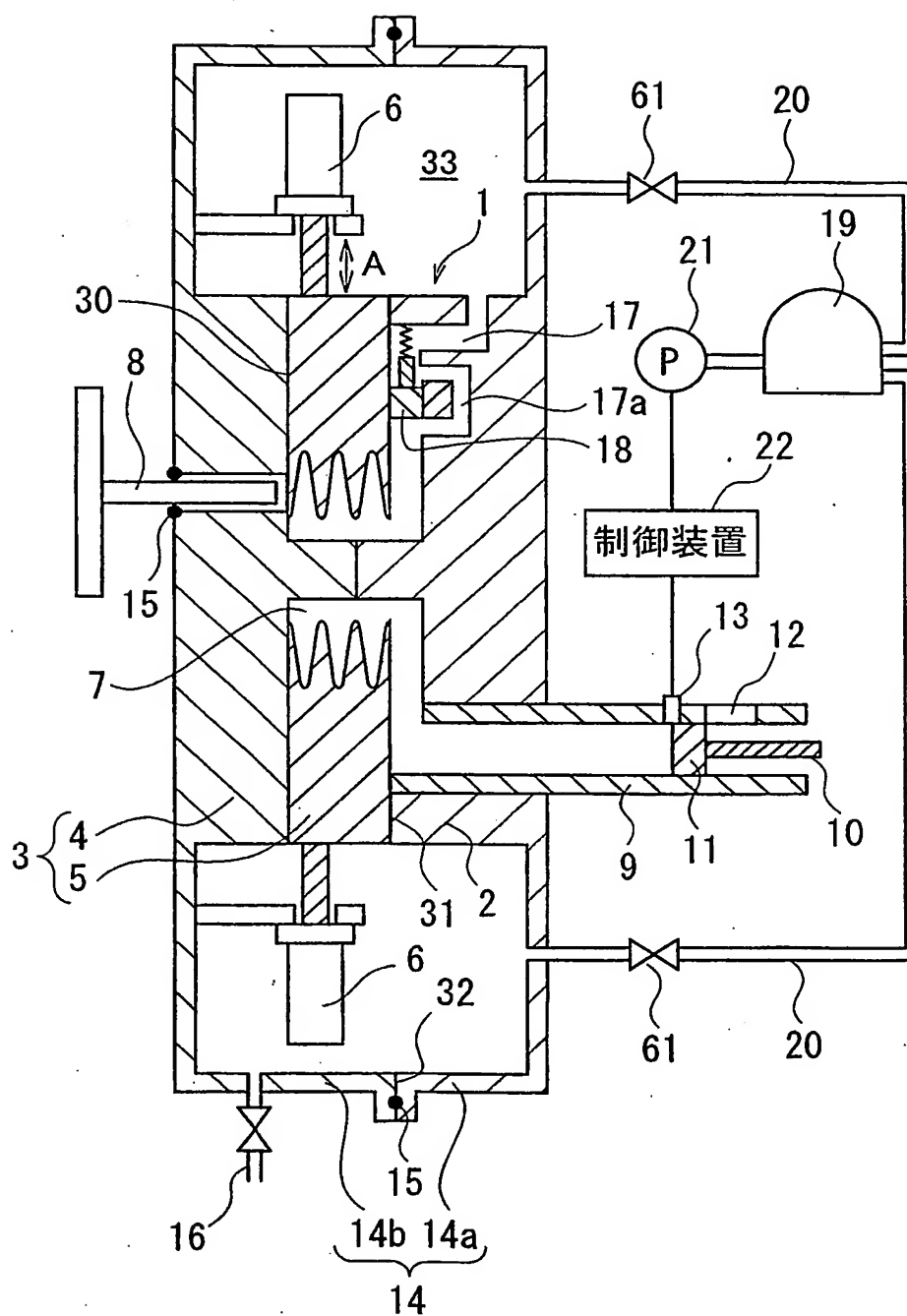




図 8

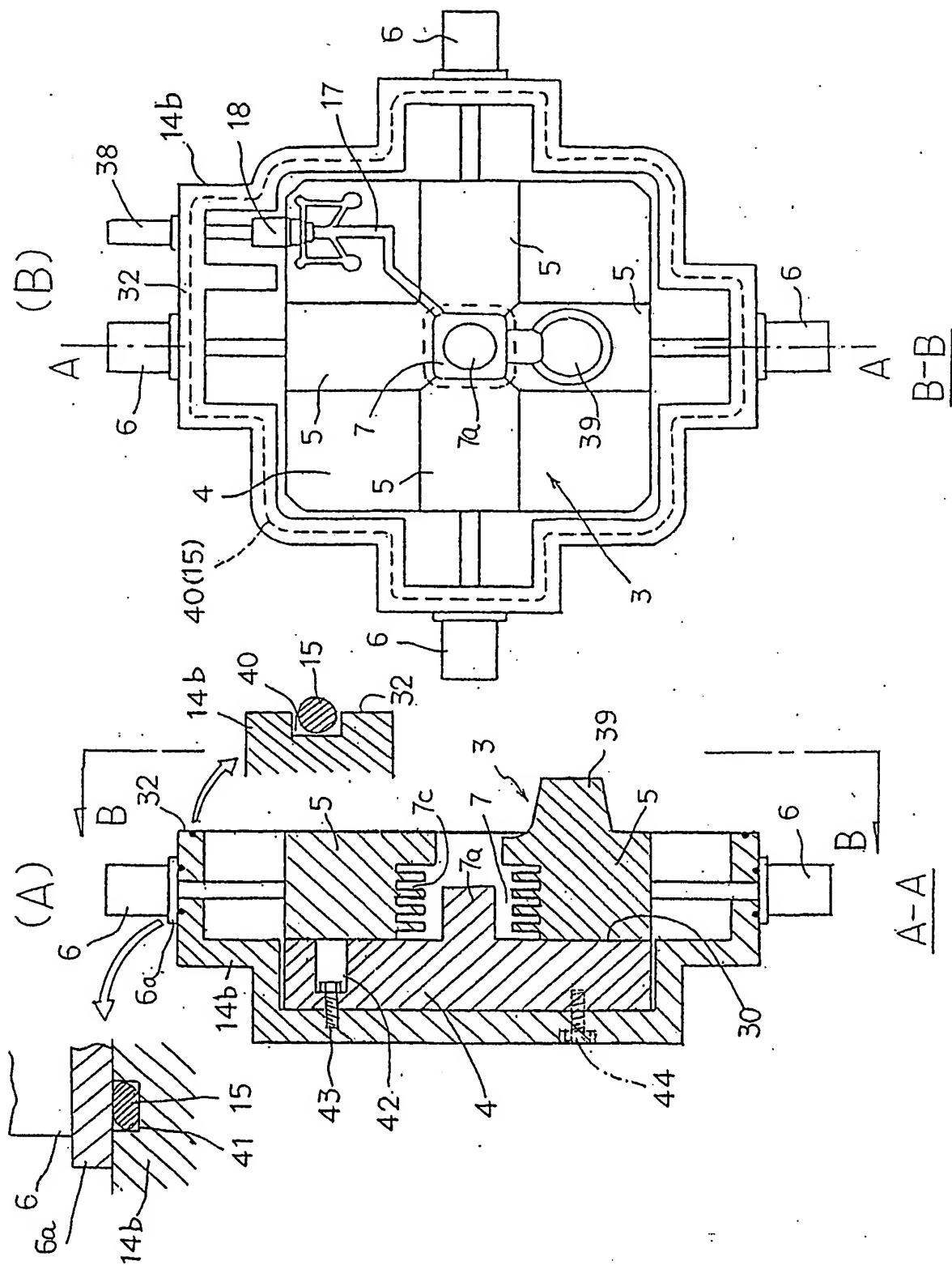


図9

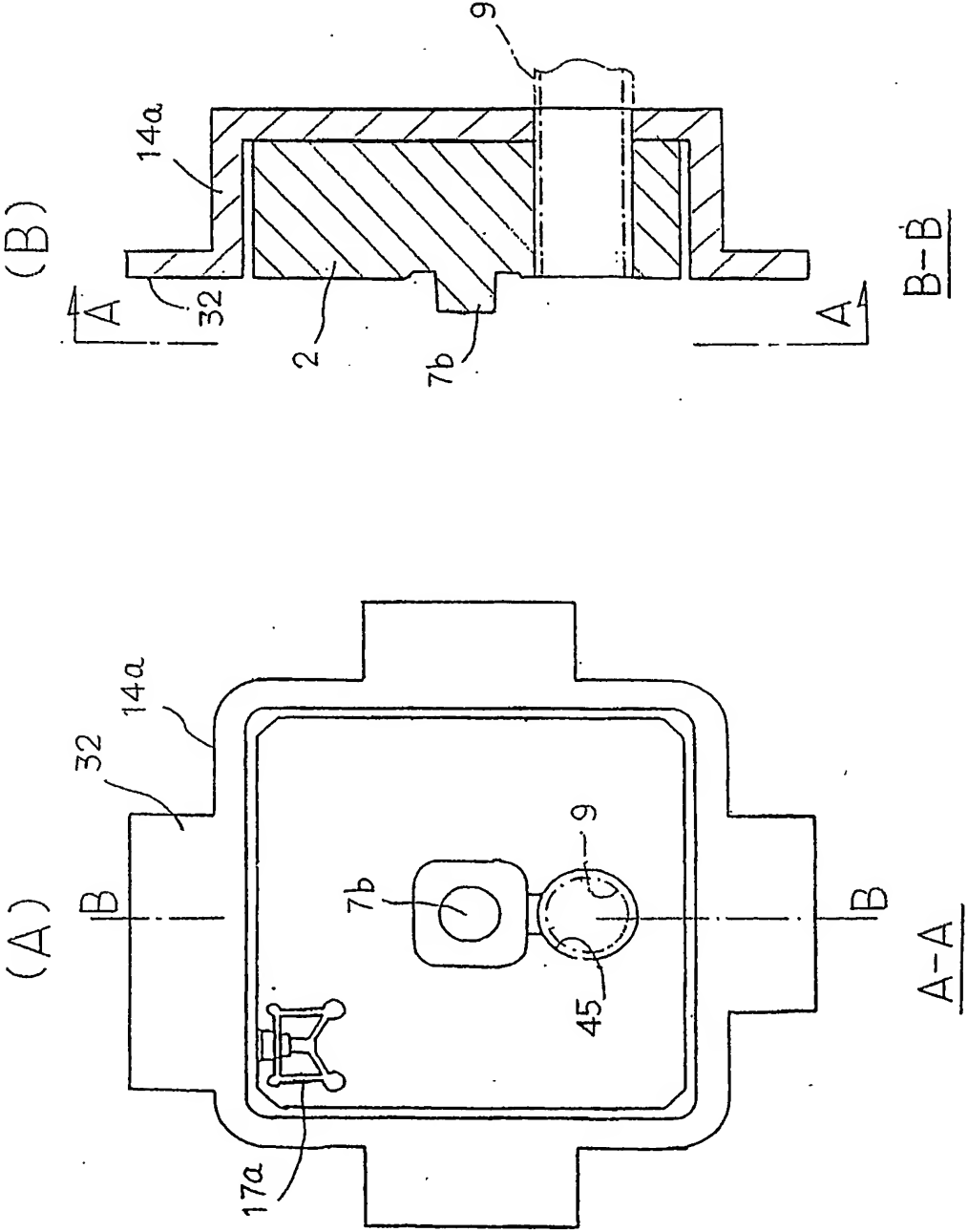




図10

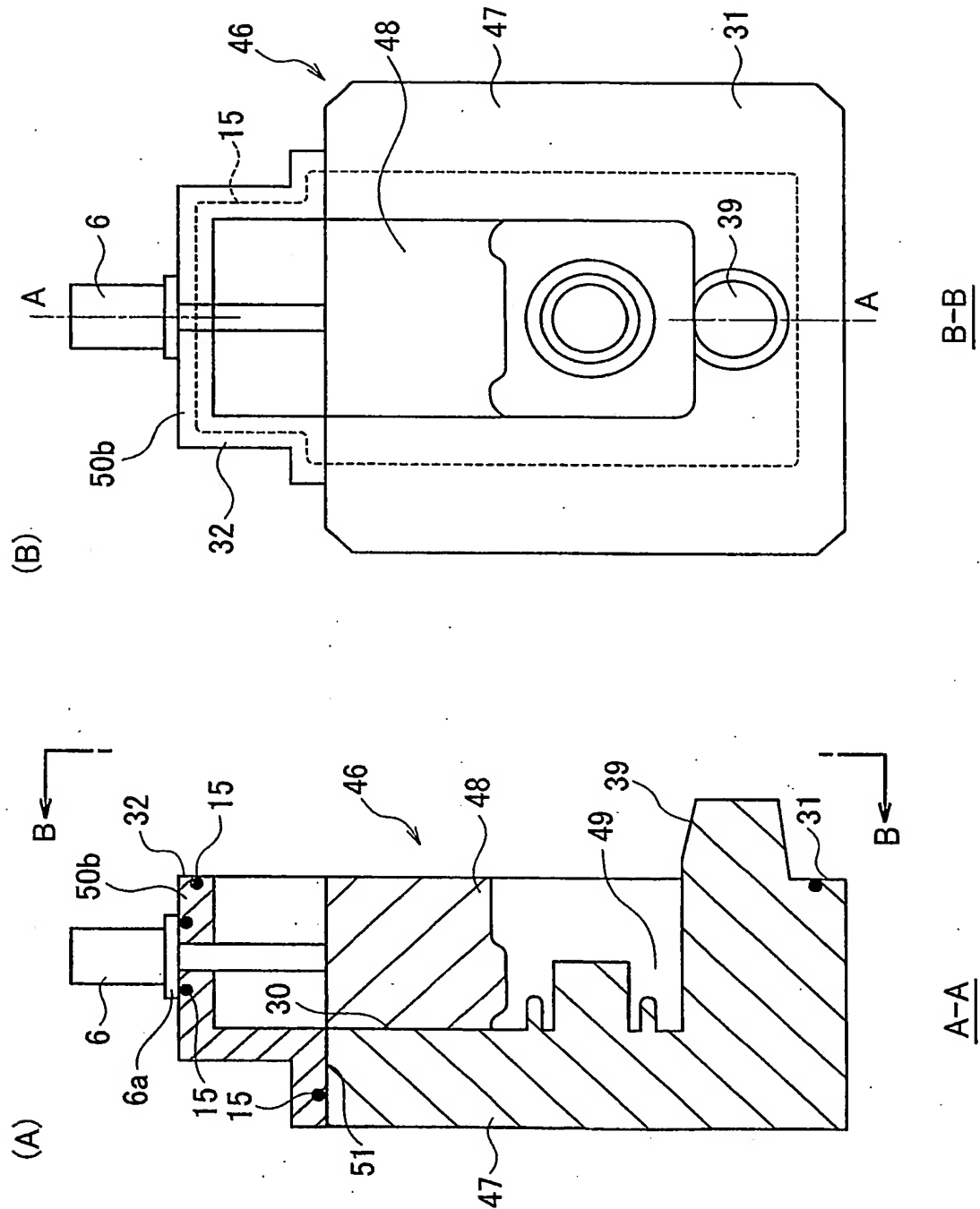


図 11

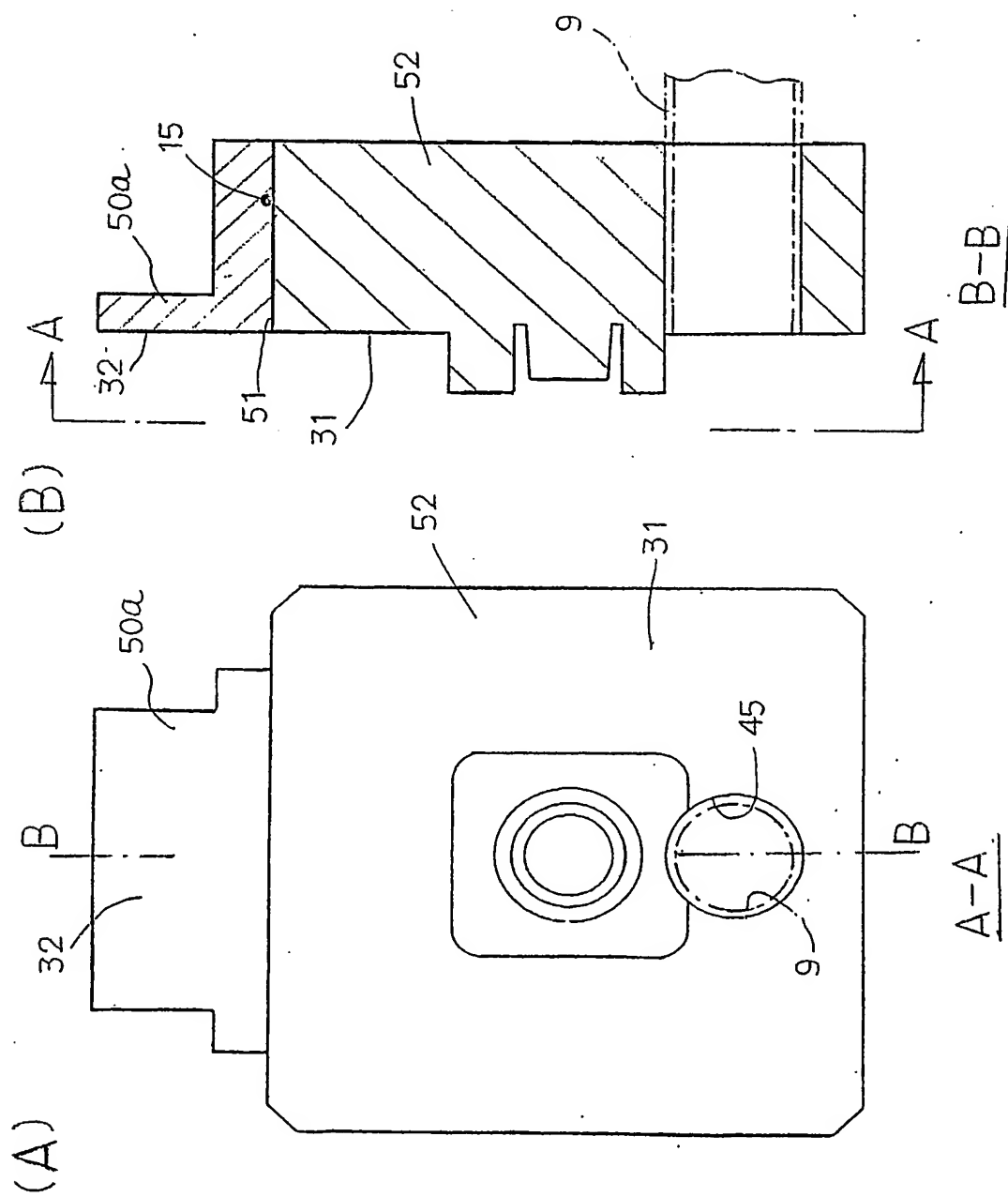


図12

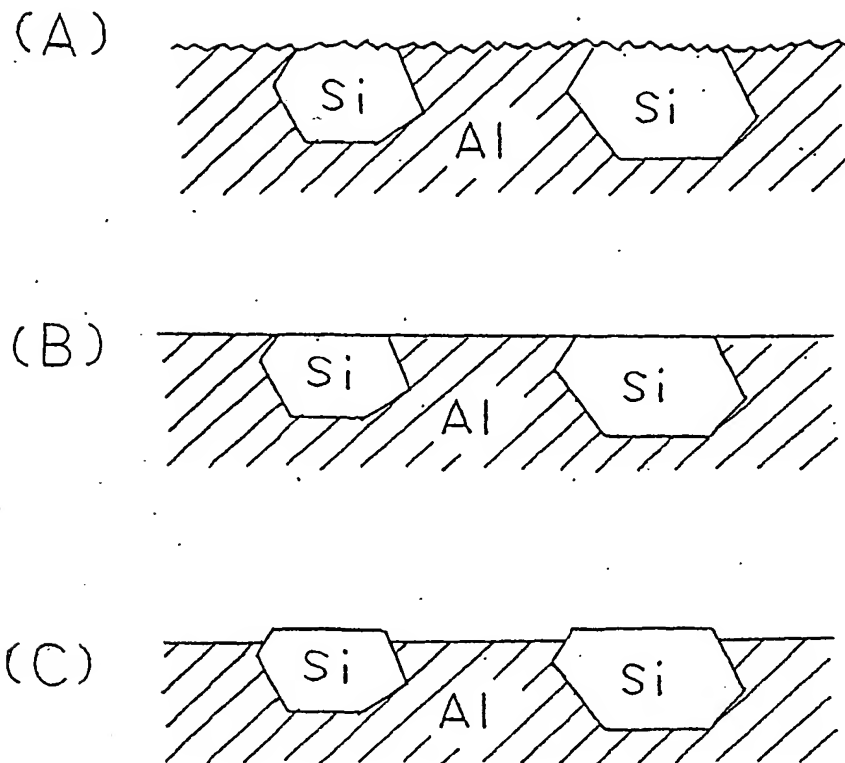
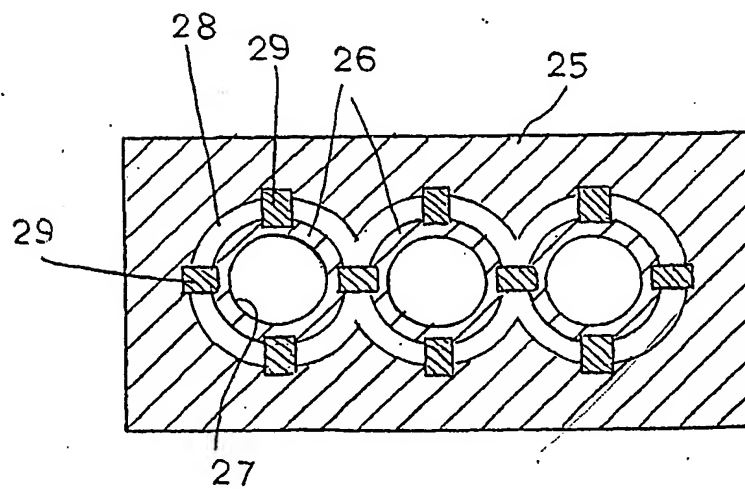


図13



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08072

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B22D17/14, 17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B22D17/14, 17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-160561 A (Akira WASHIDA), 02 October, 1982 (02.10.82), Full text; drawings (Family: none)	1-20
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 173088/1987(Laid-open No. 80255/1989) (Toyota Motor Corp.), 30 May, 1989 (30.05.89), Page 1, line 10 to page 2, line 19; page 8, lines 12 to 18; Fig. 5 (Family: none)	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
29 September, 2003 (29.09.03)

Date of mailing of the international search report  
14 October, 2003 (14.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08072

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-47457 A (Kabushiki Kaisha Yumorudo), 21 February, 1995 (21.02.95), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-20
A	JP 2000-42709 A (Daimler Chrysler AG.), 15 February, 2000 (15.02.00), Par. No. [0012] & DE 019820976 A	7,8
A	JP 10-288079 A (Toyota Industries Corp.), 27 October, 1998 (27.10.98), Claim 2; Fig. 2 (Family: none)	12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' B22D 17/14, 17/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' B22D 17/14, 17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 57-160561 A (鷺田 彰) 1982. 10. 02 全文, 図面 (ファミリーなし)	1-20
A	日本国実用新案登録出願62-173088号 (日本国実用新案登録出願公開1-80255号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロチップ (トヨタ自動車株式会社) 1989. 05. 30, 第1頁第10行-第2頁第19行, 第8頁第12行-第18行, 第5図 (ファミリーなし)	1-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29. 09. 03

国際調査報告の発送日

14.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 正紀

4E

3232

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 7-47457 A (株式会社ユーモールド) 1995. 02. 21, 全文, 図1-図4 (ファミリーなし)	1-20
A	J P 2000-42709 A (ダイムラークライスラー・アク チエンゲゼルシャフト) 2000. 02. 15, 【0012】 & DE 019820976 A	7, 8
A	J P 10-288079 A (株式会社豊田自動織機製作所) 1998. 10. 27, 請求項2, 図2 (ファミリーなし)	12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Document Name] Specification

[Title of the Invention] METHOD OF ALUMINUM ALLOY VACUUM DIE CASTING, CASTING MACHINE, AND ALUMINUM ALLOY PRODUCT

[Field of the Invention]

This invention relates to a method of aluminum alloy vacuum die casting, a casting machine, and aluminum alloy castings such as cylinder blocks, pistons or the like for engines.

[Background Art]

A constitution of a cylinder block for engines has been conventionally employed in which wear resistance and strength or the like at high temperatures are improved by fitting sleeves to the cylinder bore surfaces over which pistons slide, or by placing Ni plating on the bore surfaces.

On the other hand, it may be considered to simplify the manufacturing process, improve cooling performance, and reduce cost by the use of a direct sliding type of cylinder block in which the sliding surfaces are formed by machining a casting rather than using a sleeve or Ni plating. For a cylinder block of such a direct sliding type as a casting of a single material, hypereutectic Al-Si alloy is in practical use.

However, because the direct sliding type of cylinder block of the single material, the hypereutectic Al-Si alloy, in conventional art is cast at low pressures, the casting process takes a long time, productivity is low, and the product becomes disadvantageous in cost.

Moreover, because the casting process at low pressures takes a long time, Fe content is reduced in the Al-Si alloy for the low pressure casting to prevent large grain compound phase from developing at the time of cooling. While Fe has the effect of preventing adhesion to metallic dies, because the low pressure casting is carried out while applying ceramic coating repeatedly, adhesion does not occur. However, if cylinder blocks are cast through the ordinary high speed die casting process using the Al-Si alloy for the low pressure casting, insufficiency in Fe causes the problem of adhesion to arise.

On the other hand, a content of Si in Al-Si alloy for the ordinary high pressure die casting is generally low, resulting in poor wear-resistance. If casting is carried out in the low pressure casting process, sufficient wear resistance is obtained because

cooling rate is low and Si crystals grow sufficiently to have large grain sizes even if the Si content is low. However, if casting is carried out in a high pressure die casting process, necessary wear resistance cannot be obtained because Si crystals do not grow sufficiently due to the high cooling rate.

Moreover, because the aluminum alloy itself must form the sliding surface in the bore of the direct sliding type of cylinder block, defects such as pores must be minimized. To eliminate defects such as pores, gases (for example, hydrogen and air, or carbon-based gas coming out of the die lubricant or the like during casting) must be removed. To this end, a process has been conventionally employed in which casting is carried out while degassing out of the cavity of the die using a vacuum pump, with the gap between mating surfaces of the dies (stationary and movable dies) mated together being sealed. However, when parts having very deep and narrow furrows such as the air-cooled fins of air-cooled cylinders are cast, sliding dies are used in such parts and gaps are present also at the sliding surfaces of the sliding dies in addition to the mating surfaces of the stationary and movable dies. As a result, sealing tightness lowers, sufficient degree of vacuum cannot be achieved, and gasses cannot be removed sufficiently even if the casting process is carried out along with such evacuation (depressurization) as described above.

Much gas, if present in the castings, produces air holes and swellings called blisters during the heat treatment or welding, which makes it impossible to heat-treat or weld castings made by conventional high pressure die casting process.

This invention has been made in view of the prior art described above. Therefore, it is an object of the invention to provide a method of aluminum alloy vacuum die casting, a casting machine, and aluminum alloy castings such as cylinder blocks, pistons or the like for engines, that make it possible to secure sufficient wear resistance and adhesion resistance by high pressure die casting at a low cost.

#### [Disclosure of the Invention]

To accomplish the above object, the invention provides a method of aluminum alloy vacuum die casting, comprising: a step of forming a cavity by joining together a plural number of dies, first and

second dies movable in one direction relative to each other and a sliding die interposed between the first and second dies movable relatively in another direction; a step of evacuating the interior of the cavity, and a step of pouring molten metal of aluminum alloy into the cavity, wherein the cavity forming step is accompanied by a step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies with cover portions through a space followed by gradually increasing the degree of vacuum by carrying out steps of evacuating the interior of the cavity and evacuating the interior of the space between the cover portions and the dies by starting evacuation along with low speed forward motion of a plunger tip, and pouring molten metal at a high speed into the cavity by moving the plunger tip at a high speed when molten metal reaches the vicinity of the cavity inlet, during which time the flow rate of water for cooling the dies is regulated.

According to this constitution, because the mating surfaces of the dies are surrounded with the cover portions, it is possible to evacuate the interior of the cavity of the dies without applying sealing members to the mating surfaces of the dies. Even for dies of complicated shapes and sliding dies that are apt to be insecure in sealing tightness at the mating surfaces and sliding surfaces, degree of vacuum in the die cavity can be sufficiently increased by evacuating in the state of the dies surrounded with the cover portions without applying sealing member to the dies themselves. Therefore, it is possible to degas securely to provide high quality die castings that are free from pores, permitting welding and heat treatment.

Here, if a constitution is employed in which sealing members are provided at the mating surfaces where the cover portions on the movable and stationary sides are mated together, because the sealing members are provided in positions distant through the space from the dies of high temperatures, thermal effect from the dies is reduced, the sealing members are prevented from deteriorating, and high sealing tightness is maintained. Because both steps of evacuating the cavity and evacuating the space between the cover portions and dies are carried out, the cavity is evacuated through the gap between the cover portions and the dies in addition to the direct evacuation of the cavity. Evaporation gases of the die lubricant are also drawn out and removed. Therefore, gases in the

cavity are securely removed. This improves flow of molten metal to fill every corner in the cavity even for thin-walled products, so that die castings are produced in high quality, free from pores.

A preferable example of constitution is characterized in that the step of forming the cavity is carried out in parallel with the step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies with cover portions through a space.

According to this constitution, because the dies are surrounded with the cover portions at the same time the dies are mated together to form the cavity, casting cycle time does not increase due to an additional step of surrounding the dies with the cover portions.

A preferable example of constitution is characterized in that the step of forming the cavity is followed by the step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies through a space.

According to this constitution, because the step of surrounding with the cover portions is carried out after confirming tightening of the dies, reliability in space forming and sealing is improved.

A preferable example of constitution is characterized in that the step of evacuating the interior of the cavity is carried out almost in parallel with the step of evacuating the space between the cover portions and the dies.

According to this constitution, the cavity and the space between the cover portions and dies are evacuated approximately in parallel with each other. Therefore, casting cycle time does not increase due to an additional step of evacuating the space between the cover portions and dies.

A preferable example of constitution is characterized in that the steps of evacuating the interior of the cavity and evacuating the space between the cover portions and the dies are carried out with a time lag in between.

According to this constitution, the space and the cavity are evacuated with a time lag in between in consideration of complicatedness and evacuation passage resistance of the sliding dies, so that evacuation is applied to all the dies efficiently in orderly manner and gasses in the cavity are removed securely.

A preferable example of constitution is characterized in that the step of evacuating the space between the cover portions and the dies is carried out before the step of evacuating the interior

of the cavity.

According to this constitution, because the space is evacuated before the cavity is evacuated, the die lubricant in liquid state entering and adhering to the gaps between sliding surfaces or the like of the sliding dies and between die mating surfaces is directly drawn out toward the space 33, rather than being drawn into the cavity. Therefore, excess die lubricant is prevented from flowing into the cavity, mixing with molten metal, and causing defects such as pores.

A preferable example of constitution is characterized in that the aluminum alloy contains Fe, and 18 to 22 wt% of Si.

According to this constitution, because the aluminum alloy contains 18 to 22 wt % of Si, sufficient Si grains are obtained to increase wear resistance even if castings are made in the high pressure die casting process in which the cooling rate is high. If the casting is made in the high pressure die casting process below 18 wt %, Si grains do not grow and sufficient wear resistance cannot be obtained. Above 22 wt % on the other hand, the castings become brittle, resulting in poor wear resistance. Moreover, such an appropriate amount of Si crystallizes on the surface during the casting process and prevents adhesion to the dies.

A preferable example of constitution is characterized in that the aluminum alloy contains 0.4 to 1.5 wt % by weight of Fe.

According to this constitution, because the aluminum alloy contains 0.4 to 1.5 % by weight of Fe, adhesion to the dies is prevented when the casting is made in the high pressure die casting process. In this case, the adhesion prevention effect is further enhanced in synergy with the adhesion prevention effect of Si. If the Fe content is below 0.4 wt %, adhesion cannot be prevented well enough. Above 1.5 wt %, intermetallic compound of Fe and Si grows in the metallic composition in the form of gross needle crystals, causing brittleness and poor elongation property.

A preferable example of constitution is characterized by further comprising a step of rapidly cooling the casting taken out of the dies.

According to this constitution, as the die casting taken out of the dies is once cooled rapidly, compounds of metals such as Cu and Mg are evenly dispersed and the strength is uniform and stabilized across the casting. Incidentally, while the term rapid

cooling as used herein is typically water quenching, it is not limited to that but includes any cooling method of actively cooling the casting, excluding natural cooling.

A preferable example of constitution is characterized in that an aluminum alloy product is manufactured by the process of aluminum alloy vacuum die casting according to the invention.

Manufacturing the aluminum alloy product by the process of aluminum alloy vacuum die casting according to the invention as described above provides a casting that is free from pores and of a high quality, and permits welding and heat treatment.

A preferable example of constitution is characterized in that the aluminum alloy product is a cylinder block or piston of an engine.

According to this example of application, it is possible to produce the cylinder block or piston free from pores in high quality, permitting welding and heat treatment, by the high pressure die casting process at a low cost. Incidentally, the cylinder block is a cylinder part having cylinder bores and may be cast integrally with part of the crankcase and cylinder head. The piston is one for sliding within the bore.

A preferable example of constitution is characterized in that the aluminum alloy product is a cylinder block with silicon crystals projecting out of the bore surface of the cylinder block.

According to this constitution, Si crystal grains are raised to project in relief on the surface of the aluminum matrix of the cylinder bore made of aluminum alloy. As a result, the raised Si crystal grains form a sliding surface to be in contact with the piston while lubricant oil is spread on the aluminum matrix surface around the raised grains, so that a cylinder block is provided that is excellent in wear resistance in a stabilized manner.

This invention further provides an aluminum alloy vacuum die casting machine for forming a cavity by joining together a plural number of dies, first and second dies movable in one direction relative to each other and a sliding die interposed between the first and second dies movable relatively in another direction; evacuating the interior of the cavity; and pouring molten metal of aluminum alloy into the cavity, wherein the first and second dies are respectively provided with integral cover portions constituted so that the cover portions are brought into contact

with each other through seal members when the cavity is formed and made to surround the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies through a space, a vacuum line is provided to connect a vacuum pump to the cavity and the space, evacuation is started along with the low speed forward motion of the plunger tip to evacuate the interior of the cavity and the space through the vacuum line, molten metal is supplied at a high speed to the interior of the cavity by moving the plunger tip at a high speed when the molten metal reaches the vicinity of the cavity, during which time the flow rate of water for cooling the dies is regulated.

According to this constitution, because the mating surfaces of the dies are surrounded with the cover portions, it is possible to evacuate the interior of the cavity of the dies with the vacuum pump without applying sealing members to the mating surfaces of the dies. Even for dies of complicated shapes and sliding dies that are apt to be insecure in sealing tightness at the mating surfaces and sliding surfaces, degree of vacuum in the die cavity can be sufficiently increased by evacuating in the state of the dies surrounded with the cover portions without applying sealing member to the dies themselves. Therefore, it is possible to degas securely to provide high quality die castings that are free from pores, permitting welding and heat treatment.

A preferable example of constitution is characterized in that the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are secured as separate members to the first and second dies.

According to this constitution, because the cover portions are separate members, it is possible to embody the invention using existing dies.

A preferable example of constitution is characterized in that the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are formed integrally with the first and second dies.

According to this constitution, because the cover portions are integral with the dies, cover attaching parts are not required, reducing the number of parts and simplifying the constitution.

A preferable example of constitution is characterized in that the cover portions are provided with attaching portions for attaching an actuator for driving at least part of the dies.

According to this constitution, it is possible to attach the actuator to the cover portion side to drive the dies, resulting in a simple constitution of the dies and increased degree of freedom in the layout.

A preferable example of constitution is characterized in that securing portions for securing the cover portions to the dies are formed on the inside surfaces of the cover portions.

According to this constitution, because the cover portions are secured to the dies using the inside surfaces of the cover portions, external shape of the cover portions becomes simple owing to the absence of bolts or the like projecting outside, resulting in a simple constitution of seals.

A preferable example of constitution is characterized in that one end of the vacuum line is connected to a common vacuum pump, the other end is connected to the space, and the cavity is connected through the space to the vacuum pump.

According to this constitution, it is possible to simplify the constitution by using a single set of vacuum pump and piping commonly for both the cavity and space, and to efficiently evacuate the interior of the cavity through the space.

A preferable example of constitution is characterized in that the cavity is connected to the common vacuum pump not through the space.

According to this constitution, it is possible to simplify the constitution using the common vacuum pump and evacuate the interior of the cavity efficiently and securely by evacuating the space and the cavity using different vacuum lines.

A preferable example of constitution is characterized in that the cavity and the space are connected through different vacuum lines to different vacuum pumps.

According to this constitution, it is possible to evacuate the cavity efficiently and securely by providing different vacuum lines to evacuate the space and the cavity with different vacuum lines and different vacuum pumps in consideration of the constitution and evacuation resistance or the like of the space.

#### [Brief Description of Drawings]

Fig. 1 is an explanatory diagram of a casting process flow according to the invention.



Fig. 2 is a schematic diagram, showing a casting machine according to the invention.

Fig. 3 is a time chart of the casting process using the casting machine shown in Fig. 2.

Fig. 4 is a schematic diagram, showing a casting machine as a second embodiment according to the invention.

Fig. 5 is a schematic diagram of a third embodiment according to the invention.

Fig. 6 is a schematic diagram of a fourth embodiment according to the invention.

Fig. 7 is a schematic diagram of a fifth embodiment according to the invention.

Fig. 8 is a schematic diagram of a movable die of a sixth embodiment according to the invention.

Fig. 9 is a schematic diagram of a stationary die to be paired with the movable die shown in Fig. 8.

Fig. 10 is a schematic diagram of a movable die of a seventh embodiment according to the invention.

Fig. 11 is a schematic diagram of a stationary die to be paired with the movable die shown in Fig. 10.

Fig. 12 is explanatory views, illustrating the honing step in the casting process according to the invention.

Fig. 13 is a plan view, showing a cylinder block as another embodiment of the invention.

[Best Mode for Embodying the Invention]

Table 1 shows a composition of Al-Si alloy related to the invention.

[Table 1]

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
19-21	0.40-0.60	2.0-3.0	0.1 or less	0.40-0.60	0.1 or less

Ni	Sn	Ca	Na	P	Al
0.1 or less	0.1 or less	0.01 or less	0.01 or less	Not less than 100 ppm	residue

(in wt %)

The aluminum alloy can be made by melting basic metal of secondary aluminum alloy ingot, or can be made from basic metal based on new ingot using new aluminum metal. Cylinder blocks of engines are made using such an aluminum alloy through a die casting process described later. As for the Table, Si improves wear resistance of the sliding surfaces of cylinder bores and also improves adhesion resistance during the casting process. Fe is added to prevent adhesion of the casting to the dies. Cu and Mg improves strength of matrix through heat treatment. Mn, Zn, Ni, Sn, Ca, and Na are impurities inherently contained in the secondary aluminum. P is added to equalize grain size and dispersion of Si grains.

Fig. 1 shows a die casting process using the aluminum alloy of Table 1.

[Dissolving step S1]

Basic metal of an aluminum alloy of specified alloy composition is melted in a melting furnace to make molten metal. The molten metal is overheated above a specified temperature to prevent unmelted Si from remaining in the molten metal. When the basic metal melts completely, the molten metal temperature is lowered below the specified temperature and held. In this dissolving process, about 100 ppm of P is added in the basic metal before or after melting. This makes Si particles distributed equally in the alloy.

[Casting Step S2]

This step is carried out by high pressure die casting. The casting is carried out while evacuating dies set up within cover portions described later. Evacuation using the cover portions makes it possible even with dies having many sliding dies to increase the degree of vacuum in the dies by evacuating the entire dies without providing seals on the entire dies, to degas securely, and to prevent pores from being produced.

[Heat Treatment Step S3]

After being cast, the cylinder block is taken out of the dies and subjected to heat treatments of T5, T6, or T7. In the treatment T5, the casting is quenched in water or the like immediately after it is taken out of the dies. After that, the casting is artificially aged at a specified temperature for a specified period of time to improve mechanical properties and to stabilize

dimensions, and cooled in the air. In the treatment T6, the casting is taken out of the dies, subjected to a solution treatment at a specified temperature for a specified period of time, water-cooled, artificially age-treated at a specified temperature for a specified period of time, and air-cooled. The treatment T7 is an aging in excess in comparison with the treatment T6, which stabilizes dimensions but lowers in hardness than with T6.

[Machining Step S4]

Grinding, turning, or the like is applied to the surface for mating with the cylinder head, to the surface for mating with the crankcase, and to the inside surfaces of the cylinder bores.

[Honing Step S5]

Honing is applied to the inside surfaces of the cylinders. The honing is applied in three steps as described later: (1) rough honing, (2) medium finish honing, and (3) finish honing.

Fig. 2 is a schematic diagram, showing a casting machine for use in the casting step S2 mentioned above.

The die 1 is made up of a stationary die 2 and a movable die 3. The movable die 3 is made up of a base die 4 and a sliding die 5. The stationary die 2 constitutes one of the first and second dies referred to in Claims while the base die 4 constitutes the other. The sliding die 5 is divided into four at 90 degree intervals. Each division is provided with a cylinder 6 (only upper and lower ones are shown) and slides along the surface of the base die 4 (mating surface 30 between the base die 4 and the sliding die 5) as shown with the arrow A to form a cavity 7 of the cylinder block in the center for the casting. In the Claims, the cylinder 6 is referred to as the actuator for driving the sliding die. Symbols 7a and 7b indicate bore forming portions, and 7c indicates an air cooling fin portion. The base die 4 is provided with a push pin 8 to push the casting out of the dies when the sliding dies 5 are opened for every casting shot. Reference numeral 31 indicates the mating surface between the stationary die 2 and the movable die 3.

The stationary die 2 is provided with an injection sleeve 9. A plunger tip 11 attached to the fore-end of a rod 10 reciprocates within the injection sleeve 9. The injection sleeve 9 is provided with a sprue 12. In the state of the plunger tip 11 in a home position (behind (on the right in the drawing) the sprue 12), molten metal for one shot is poured through the sprue 12. A tip sensor

13 is provided before the sprue 12 to detect the plunger tip 11 as it moves past the sprue 12.

The die 1 is entirely surrounded with a cover portion 14. The cover portion 14 is made up of a stationary side cover portion 14a for surrounding the stationary die 2 and a movable side cover portion 14b for surrounding the movable die 3, with a seal member 15 such as an O-ring interposed between their mating surfaces.

Seal members 15 such as O-rings are provided in the gaps in positions where the cylinder 6, the push pin 8, and the injection sleeve 9 pass through the cover portion 14 to maintain the interior of the cover portion 14 air-tight. The movable side cover portion 14b (or the stationary side cover portion 14a) of the cover portion 14 is provided with a leak valve 16.

The stationary die 2 is provided with an evacuation passage 17 in communication with the cavity 7. The evacuation passage 17 may be provided on the movable die side. The evacuation passage 17 is also provided with a bypass passage 17a having an on-off valve 18 for opening and closing the bypass passage 17a. The bypass passage 17a bypasses part of the evacuation passage 17 where the on-off valve 18 is provided to make communication between the evacuation passage 17 and the exterior of the die when the interior of the die is evacuated at the time of casting (in the state shown in the drawing). The on-off valve 18 is for example of a metal contact type. When molten metal fills up the cavity 7 and excess molten metal rises through the evacuation passage 17 and comes into contact with and pushes up the on-off valve 18, both the evacuation passage 17 and the bypass passage 18 are closed to prevent molten metal from gushing out of the die. In place of such a metal contact type valve, a valve may be used that is constituted to detect the position of the plunger tip 11 and close the evacuation passage 17 through an actuator when injection of one shot of molten metal is finished. As a means for preventing molten metal from gushing out, a chill vent constitution may be used in which a long, slender, meandering passage in communication with the cavity is formed, so that molten metal overflowing from the cavity flows through the passage and solidifies on the way and is prevented from flowing outside the die.

One or plural number of (two in this example) vacuum line or lines 20 in communication with a vacuum tank 19 are connected to the cover

portion 14 (in this example, the stationary side cover portion 14a). The vacuum tank 19 is maintained at a specified vacuum with a vacuum pump 21. The vacuum pump 21 is controlled with a controller 22 to start and stop the evacuation of the cavity based on timer signals of travel time, detection signals of travel position or the like, of the plunger tip 11.

While the cover portion 14 surrounds the entire die 1, it may locally surround part of the periphery of the die 1, for example like a ring along the peripheries 30a and 31a of mating surfaces 30 and 31. Or, the cover 14 may be shaped to surround the cylinders 6 for actuating the sliding die 5 (as shown in Figs. 6 and 7).

As described above, the casting process is carried out with the provision of the cover portion 14 surrounding the die 1 while evacuating the interior of the cavity 7 and the interior of the cover portion 14. This makes it possible to evacuate from around the entire die without applying seals to the die itself, to increase the degree of vacuum, to securely evacuate gasses out of the die, even when many sliding dies are used, because evacuation is made also through the gaps at the mating surfaces 30 and 31. Because the seal members 15 between the mating surfaces of the stationary side cover portion 14a and the movable side cover portion 14b of the cover portion 14 are placed in positions distant from the die 1 of high temperatures, thermal effect is smaller, the seal members are prevented from deteriorating, and their durability is improved.

As shown in the drawing, a cooling water flow rate regulator unit 60 controls cooling of the die 1 during the casting process and may be constituted for example to flow cooling water for a specified period of time using a timer to open a valve (not shown) according to the timing of high speed injection ( $t_2$  in Fig. 3) with the plunger tip 11. The specified period of time is for example the period from die parting to removal of the casting. At this time, cooling effect may be verified by monitoring the temperature of cooling water or die with a temperature sensor. Or, feedback control may be made using a temperature sensor. Insufficient cooling takes longer time for solidifying the whole and tends to produce pores as unsolidified portion is drawn toward solidified portion. Excess cooling, on the contrary, leads to rapid solidifying rate, less amount of Si crystallization, and poor wear resistance.

Fig. 3 is a time chart of the degree of vacuum in the die during the casting step 2 of Fig. 1 using the die 1 having the cover portion 14 shown in Fig. 2. The horizontal axis represents time, while the vertical axis the degree of vacuum.

First, the sliding die 5 of the die 1 shown in Fig. 2 is set in position to form a cavity 7, the movable die 3 is butt-mated with the stationary die 2, and the dies are tightened together. Here, the mating surfaces 32 of the stationary side cover portion 14a and the movable side cover portion 14b of the cover portion 14 are butt-mated with each other through the seal member 15, so that the interior of the cover portion 14 is sealed. In other words, the die tightening step of forming the cavity 7 by mating together the stationary die 2 and the movable die 3 is done simultaneously with the step of surrounding the die 1 with the cover portion 14 and sealing it. This shortens the cycle time of casting. Incidentally, it is also possible to form the cavity by tightening together the stationary die 2 and the movable die 3 and then surround the die 1 with the cover portion 14 and seal it.

At time  $t_0$ : The plunger tip 11 is in the home position (behind the sprue 12), the sprue 12 is in an open state, and the interior of the die 1 is at the atmospheric pressure through the sprue 12. Under this condition, one shot of molten aluminum alloy is poured through the sprue 12. When molten alloy is poured, the plunger tip 11 is moved forward at a low speed to push in the molten alloy present in the injection sleeve 9.

At time  $t_1$ : The tip sensor 13 (Fig. 2) detects the plunger tip 11. Because the plunger tip 11 is located forward past the sprue 12, the interior of the cover portion 14 is completely sealed airtight. At this time, the vacuum pump 21 is operated to evacuate the interior of the cover portion 14.

By this evacuation, both the space 33 between the die 1 and the cover portion 14 and the interior of the cavity 7 are evacuated simultaneously. Accordingly, evacuating step is done efficiently and the cycle time of casting is shortened. Incidentally, it is alternatively possible to make the evacuation path for the cavity 7 separate from that for the space 33 between the die 1 and the cover portion 14 to evacuate with a time lag.

In particular, if the space is evacuated before the interior of the cavity is evacuated, die lubricant in liquid state entering

and adhering to the gaps between sliding surfaces of the sliding dies and between mating surfaces of the die is directly suctioned out without being drawn into the cavity, so that excess die lubricant is prevented from flowing into and mixing with molten metal in the cavity and causing casting defects such as pores.

The above processs of evacuating the cavity 7 in the die 1 gradually increases the degree of vacuum in the cavity. The plunger tip 11 continues to move forward at a low speed to force molten metal toward the cavity. Starting the evacuation after the plunger tip 11 moves past the sprue 12 prevents air from entering the die through the sprue 12. This makes it possible to prevent more securely pores from being produced, prevent molten metal surface from being locally cooled with air, and provide castings of uniform, stabilized quality.

At time t2: When molten metal reaches the inlet of the cavity, the speed of the plunger tip is switched from low to high to rapidly supply molten metal to the cavity.

At time t3: The cavity interior is completely filled with molten metal, ending the injection. At this time, molten metal pushes up the on-off valve 18 in the evacuation passage 17 (Fig. 2) to prevent molten metal from gushing out of the evacuation passage 17.

At time t4: The vacuum pump 21 is stopped to end the evacuation. At this time, the interior of the cover portion 14 remains depressurized.

At time t5: The interior of the cover portion 14 is made open to the atmosphere by opening the leak valve 16. Along with the lapse of time, the interior of the cover portion 14 approaches the atmospheric pressure.

At time t6: The internal pressure of the cover portion 14 returns completely to the atmospheric pressure. At this time, the die is opened and the casting is taken out. Opening the cover portion 14 together with the die after restoring the atmospheric pressure prevents the O-ring fitted to the mating surface 32 of the cover portion 14 from coming off.

Incidentally, instead of tuning on and off the vacuum pump 21, it may be alternatively constituted that the vacuum pump is left on, and evacuation timing is controlled by turning on and off a solenoid valve 61 provided on the vacuum line.

For example, the solenoid valve is opened at the time ( $t_1$ ) when the tip sensor 13 detects the plunger tip 11 and closed at the time ( $t_4$ ) when a sensor (for example a rod sensor for detecting a rod position of the plunger tip) detects arrival of the plunger tip 11 at the fore-end of its travel. The timing of opening and closing the solenoid valve may be made variable by making the positions of the tip sensor 13 and the rod sensor variable in forward and backward directions.

Fig. 4 is a schematic diagram, showing a casting machine as a second embodiment according to the invention. The casting machine of this embodiment is different from the embodiment shown in Fig. 2 described above in that the sprue 12 is provided with a lid 23. The lid 23 closes the sprue 12 through a sealing member (not shown) placed around the sprue 12. With this constitution, as the interior of the cover portion 14 is evacuated, the interior of the injection sleeve 9 is evacuated. Due to the negative pressure in the injection sleeve 9, the lid 23 is suctioned to seal the sprue 12 firmly airtight. Therefore, it is possible to close the lid 23 immediately after molten metal is poured through the sprue 12 and start evacuation from that time point.

A lid sensor 24 detects the sprue 12 being closed with the lid 23 and sends the detection signal to the controller 22. The controller 22, upon receiving the detection signal of the lid 23, actuates the vacuum pump 21 to evacuate the interior of the cover portion 14.

Providing such a lid 23 makes it possible to start evacuation without waiting for the plunger tip 11 moving past the sprue 12, to secure longer evacuation time and attain sufficient degree of vacuum even when the length of the injection sleeve 9 is short. Otherwise the embodiment is the same in constitution and functional effects as the embodiment shown in Fig. 2.

Fig. 5 is a schematic diagram of a third embodiment according to the invention.

This embodiment shows a die casting machine for casting a piston in place of the cylinder block described above. A cavity 34 for the piston is formed between the stationary die 2 and the movable die 3. A raised portion 36 for the hollow in the piston is formed on the stationary die 2 side. Upper and lower dies 5 are each formed with a raised portion 35 for a piston pin. Otherwise the embodiment



is the same in constitution and functional effects as the embodiment shown in Fig. 2.

Fig. 6 is a schematic diagram of a fourth embodiment according to the invention.

In this embodiment, the cover portion 14 is made integral with the die 1. The stationary side cover portion 14a is made integral with the stationary die 2. The movable side cover portion 14b is made integral with the base die 4 of the movable die 3. The stationary side cover portion 14a and the movable side cover portion 14b are sealed with the mating surfaces 32 through the seal member 15 to form the space 33 together with the die 1. In this embodiment, the cover portion 14 is formed to surround the cylinders 6 for driving the sliding dies 5. Otherwise this embodiment is the same in constitution and functional effects as the embodiment shown in Fig. 2.

Fig. 7 is a schematic diagram of a fifth embodiment according to the invention.

In this embodiment, the cover portion 14 is formed separate from the die 1, with the stationary side cover portion 14a attached to the stationary die 2 and with the movable side cover portion 14b to the base die 4 of the movable die 3, respectively through the seal members 15. The cover portion 14 is formed to surround the periphery 30a of the mating surface 30 of the base die 4 and the sliding die 5 and to surround the periphery 31a of the mating surface 31 of the stationary die 2 and the movable die 3. The evacuation passage 17 is evacuated to the outside through a vacuum line 37 that is isolated from the space 33 surrounded with the cover portion 14. On the vacuum line 37 is provided, like the vacuum line 20, with a solenoid valve 62. It is possible to evacuate the space 33 and the cavity 7 with a time lag by controlling the opening and closing times of the solenoid valve 62 on the vacuum line 37 and the solenoid valve 61 on the vacuum line 20, while leaving on the vacuum pump 21.

The vacuum line 37 may be connected either to the vacuum line 20 of the cover portion 14 to be evacuated with the same vacuum pump 21 or to a vacuum pump of a different line. The evacuation passage 17 may be made open to the space 33 of the cover portion 14 like the embodiment shown in Fig. 6 to be evacuated through the same vacuum line 20. Otherwise the embodiment is the same in

constitution and functional effects as the embodiment shown in Fig. 6.

Fig. 8 is a schematic diagram of a movable die of a die casting machine of a sixth embodiment according to the invention, with (A) a central, vertical sectional view and (B) a front view. Components corresponding to those in Fig. 2 and others are provided with the same symbols or reference numerals.

The movable die 3 is made up of the base die 4 and four sliding dies 5 for sliding in directions at right angles each other. The sliding die 5 on the lower side is formed with a flow dividing projection 39 that fits into the injection sleeve 9 (Fig. 9) on the stationary die side to form flow passages for smoothing the flow of molten metal. The on-off valve 18 of the metal contact type is provided in the evacuation passage 17. An actuator 38 made of a hydraulic cylinder is provided to return the on-off valve 18 to the original state.

The movable die 3 is entirely surrounded with the movable side cover portion 14b. A depression 42 is formed in the inside wall of the base die 4. A bolt 43 is inserted from inside through the depression 42 to secure the movable side cover portion 14b to the base die 4. The bolt 43 is provided for example in each of four positions corresponding to the positions of the four sliding dies 5 (only one is shown). Securing the movable side cover portion 14b from inside as described above, without the bolt 43 protruding out, makes it possible to simplify or disuse the sealing constitution outside the cover portion and also simplify the external shape of the movable side cover portion 14b.

In place of screw-attaching with the bolt 43 from inside, it is also possible to provide a stud bolt inside the cover portion, provide a corresponding hole through the base die 4, let the stud bolt pass the through hole, and secure by tightening a nut on the stud bolt.

In place of the securing method of using the bolt 43 passed from inside outward, it is also possible as indicated with phantom lines to use a bolt 44 from outside the movable side cover 14b to secure it to the base die 4.

Along the entire circumference of the mating surface 32 where the movable side cover 14b is mated with the stationary side cover portion 14a (Fig. 9), a continuous seal groove 40 is formed into

which the seal member 15 is fitted.

Also the movable side cover portion 14b opposite the flange 6a of the cylinder (actuator) 6 for driving the sliding die 5 is sunk with a depression 41 into which the seal member 15 is fitted.

Fig. 9 is a schematic diagram of a stationary die to be paired with the movable die shown in Fig. 8, with (A) a front view and (B) a central sectional view.

In the center of the stationary die 2 is provided a cylinder bore forming portion 7b below which is bored a through hole 45 into which is fitted the injection sleeve 9. The stationary die 2 is entirely surrounded with the stationary side cover portion 14a. The stationary side cover portion 14a, like the movable side cover portion 14b, is secured to the stationary die 2 with a bolt (not shown) inserted from inside outward.

The mating surface 32 of the stationary side cover portion 14a opposite the mating surface 32 (Fig. 8) formed on the movable side cover portion 14b is planar to be contacted with the seal member 15 (Fig. 8). As the mating surfaces 32 of the movable side and stationary side cover portions 14b and 14a are pressed against each other, the movable side and stationary side cover portions 14b and 14a are united airtight through the seal member 15 to form the cover portion as a single member.

Fig. 10 shows the constitution of a movable die of a seventh embodiment according to the invention, with (A) a central sectional view and (B) a front view.

The movable die 46 of this embodiment is made up of a base die 47 and a sliding die 48 to form a cavity 49 for casting a cylinder of a water-cooled engine as an example. A movable side cover portion 50b is provided to surround part of the peripheries of the mating surfaces (sliding surface) 30 of the base die 47 and the sliding die 48. Like the example shown in Fig. 8, a seal groove (not shown) is formed on the mating surface 32 facing the stationary side cover portion 50a (Fig. 11), and the seal member 15 is fitted into the groove. The seal member 15 is provided continuously also on the mating surface 31 between the stationary die 52 (Fig. 11) and the movable die 46 to surround the cavity 49.

The movable side cover portion 50b facing the flange 6a of the cylinder (actuator) 6 for driving the sliding die 48 is also sunk with a depression (not shown) into which the seal member 15 is fitted.

Likewise, as for the mating surface 51 between the movable side cover portion 50b and the base die 47, the movable side cover portion 50b is sunk with a depression (not shown) into which the seal member 15 is fitted.

Fig. 11 is a schematic diagram of a stationary die 52 to be paired with the movable die 46 shown in Fig. 10, with (A) a front view and (B) a central, sectional view.

In the lower part of the stationary die 52 is formed a through hole 45 into which the injection sleeve 9 is to be fitted. The upper part of the stationary die 2 is surrounded with the stationary side cover portion 50a corresponding to the movable side cover portion 50b (Fig. 10). As for the stationary side cover portion 50a, like the movable side cover portion 50b, its mating surface 51 is sunk with a depression (not shown) into which the seal member 15 is fitted. The stationary side cover portion 50a is secured to the stationary die 52 through the seal member 15.

The mating surface 32 of the stationary side cover portion 50a opposite the mating surface 32 (Fig. 10) formed on the movable side cover portion 50b is planar to be contacted with the seal member 15 (Fig. 10). As the mating surfaces 32 of the movable side and stationary side cover portions 50b and 50a are pressed against each other, the movable side and stationary side cover portions 50b and 50a are united airtight through the seal member 15 to form the cover portion as a single member. At the same time, the cavity 49 is also sealed.

Fig. 12 illustrates the honing step S5 of the cylinder bore shown in Fig. 1. The honing is applied in three steps: (1) rough honing, (2) medium finish honing, and (3) finish honing. The rough honing (1) roughly forms the bore diameter and the circularity. By the rough honing, as shown in (A), the surfaces of Al matrix and Si grains dispersed in the matrix are ground with abrasive stones to make the surface rough.

By the medium finish honing (2), as shown in (B), the bore surface is finished into a mirror state.

By the finish honing (3), only the Al matrix is ground by a specified amount so that the Si grains are raised as shown in (C). The finish honing (3) may be replaced by alkali etching in which the work is immersed in aqueous solution of sodium hydroxide.

Fig. 13 is a plan view of a cylinder block of a water-cooled

engine.

In this example, the casting is a cylinder block 25 of an open deck type having three cylinders. Inside round surface of each cylinder 26 is a bore 27 around which is formed a space for a water jacket 28. Recesses for fitting square bar-shaped reinforcements 29 of Al alloy are provided in the water jacket 28 near the mating surface facing the cylinder head. The reinforcements pieces 29 are fitted and welded to the recesses after the casting is finished. Because the die casting process according to the invention is carried out under high degree of vacuum, amount of gases contained in the casting is very small, which makes it possible to weld the reinforcements pieces 29 to the casting.

Heat treatment (T5, T6, or T7) is applied after the welding process, followed by machining and honing like the above description. Incidentally, the shape, number, and positioning of the reinforcements pieces 29 welded are not limited to that of the above example but may be appropriately chosen. Welding the reinforcements pieces 29 in this way improves rigidity of each cylinder of the open deck type in which the cylinders are made to stand on their bottoms like cantilevers.

#### [Industrial Applicability]

According to the invention as described above, because the mating surface of the die is surrounded with the cover portion, it is possible to evacuate the interior of the cavity in the die without applying a seal member to the mating surface itself of the die. Even with a die constitution in which sealing tightness is apt to become insecure at the mating surface of the die of complicated shape and at the sliding surfaces of sliding die or the like, it is possible to sufficiently increase the degree of vacuum in the cavity in the die by evacuation while applying a seal not to the die itself but to the cover portion surrounding the die. Therefore, it is possible to prevent pores from being produced by securely eliminating gases and to provide die castings that are of high quality and permit welding and heat treatment.

Here, if a constitution is employed in which sealing members are provided at the mating surfaces where the cover portions on the movable and stationary sides are mated together, because the sealing members are provided in positions distant through the space

from the dies of high temperatures, thermal effect from the dies is reduced, the sealing members are prevented from deteriorating, and a high sealing tightness is maintained. Because both steps of evacuating the cavity and the space between the cover portions and dies are carried out, the cavity is evacuated through the gaps between the cover portions and the dies in addition to the direct evacuation of the cavity. Evaporation gases of the die lubricant are also drawn out and removed. Therefore, gases in the cavity are securely removed. This improves flow of molten metal to fill every corner in the cavity even for thin-walled products, so that die castings are produced in high quality, free from pores.

Because the dies are surrounded with the cover portions simultaneously with mating together the dies to form the cavity, casting cycle time does not increase due to an additional step of surrounding the dies with the cover portions.

When the step of forming the cavity is followed by the step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies through a space, the step of surrounding with the cover portions is carried out after confirming tightening of the dies. As a result, reliability in space forming and sealing tightness is improved.

Carrying out the step of evacuating the interior of the cavity almost in parallel with the step of evacuating the space between the cover portion and the die does not increase the casting cycle time owing to the absence of an additional step of evacuating the space between the cover portion and the die.

Carrying out the step of evacuating the interior of the cavity and the step of evacuating the space between the cover portion and the die with a time lag in between makes it possible to evacuate from around the entire die and evacuate gases in the cavity securely in orderly manner in consideration of complicated shape of the sliding die, evacuation passage resistance, etc.

The 18 to 22 wt % of Si content in the aluminum alloy provides sufficient Si crystals to increase wear resistance even with castings made by high pressure die casting process in which the cooling rate is high. With high pressure die casting below 18 wt %, Si crystals do not grow and wear resistance is insufficient. Above 22 wt %, the casting becomes brittle and wear resistance is low. Such appropriate Si crystallizes on the surface during the casting

process to prevent adhesion to the die.

Because the aluminum alloy contains 0.4 to 1.5 wt % by weight of Fe, adhesion to the dies is prevented when the casting is made by the high pressure die casting process. In this case, the adhesion prevention effect of Fe is further enhanced in synergy with the adhesion prevention effect of Si. If the Fe content is below 0.4 wt %, adhesion cannot be prevented well enough. Above 1.5 wt %, electronic compound of Fe and Si grows in the metallic composition in the form of gross needle crystals, causing brittleness and poor elongation property.

As the die casting taken out of the dies is once cooled rapidly, compounds of metals such as Cu and Mg are evenly dispersed and the strength is uniform and stabilized across the casting. Incidentally, while the term rapid cooling as used herein is typically water quenching, it is not limited to that but includes any cooling method of actively cooling the casting, excluding natural cooling.

Manufacture of aluminum alloy products by the process of the invention provides high quality castings free from pores, permitting welding and heat treatment.

When the aluminum alloy product is a cylinder block or piston, it is possible to cast the product free from pores in high quality, permitting welding and heat treatment, by the high pressure die casting process at a low cost. Incidentally, the cylinder block is a cylinder part having cylinder bores and may be cast integrally with part of the crankcase and cylinder head. The piston is one for sliding within the bore.

When the aluminum alloy product is a cylinder block of an engine with silicon crystals projecting out of the bore surface of the cylinder block, the raised Si crystal grains form a sliding surface to be in contact with the piston while lubricant oil is spread on the aluminum matrix surface around the raised grains, so that a cylinder block is provided that is excellent in wear resistance in a stabilized manner.

With the aluminum alloy vacuum die casting machine according to the invention, because the mating surfaces of the dies are surrounded with the cover portions, it is possible to evacuate the interior of the cavity of the dies with the vacuum pump without applying seal members to the mating surfaces of the dies. Even

for dies of complicated shapes and sliding dies that are apt to be insecure in sealing tightness at the mating surfaces and sliding surfaces, degree of vacuum in the die cavity can be sufficiently increased by evacuating in the state of the dies surrounded with the cover portions without applying seal members to the dies themselves. Therefore, it is possible to degas securely to provide high quality die castings that are free from pores, can be welded and heat-treated.

With a constitution in which the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are secured as separate members to the first and second dies, it is possible to embody the invention using existing dies.

With a constitution in which the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are formed integrally with the first and second dies, cover attaching parts are unnecessary to reduce the number of parts and simplify the constitution.

Because the cover portions are provided with attaching portions for attaching an actuator for moving at least part of the dies, it is possible to attach the actuator on the cover portion side to move the dies, simplify the constitution of the dies, and increase the degree of freedom in layout.

With a constitution in which securing portions for securing the cover portions to the dies are formed on the inside surfaces of the cover portions, because the cover portions are secured to the dies using the inside surfaces of the cover portions, external shape of the cover portions becomes simple owing to the absence of bolts or the like projecting outside, and the constitution of seals becomes simple.

With a constitution in which one end of the vacuum line is connected to a common vacuum pump, the other end is connected to the space, and the cavity is connected through the space to the vacuum pump, it is possible to simplify the constitution by using a single set of vacuum pump and piping commonly for both the cavity and space, and to efficiently evacuate the interior of the cavity through the space.

With a constitution in which the cavity is connected to the common vacuum pump not through the space, it is possible to simplify the constitution using the common vacuum pump and evacuate the interior



of the cavity efficiently and securely by evacuating the space and the cavity using different vacuum lines.

With a constitution in which the cavity and the space are connected through different vacuum lines to different vacuum pumps, it is possible to evacuate the cavity efficiently and securely by providing different vacuum lines to evacuate the space and the cavity with different vacuum lines and different vacuum pumps in consideration of the constitution and evacuation resistance and others of the space.

[Claims]

[Claim 1] A method of aluminum alloy vacuum die casting, comprising: a step of forming a cavity by joining together a plural number of dies, first and second dies movable in one direction relative to each other and a sliding die interposed between the first and second dies movable relatively in another direction; a step of evacuating the interior of the cavity, and a step of pouring molten metal of aluminum alloy into the cavity, wherein the cavity forming step is accompanied by a step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies with cover portions through a space followed by gradually increasing the degree of vacuum by carrying out steps of evacuating the interior of the cavity and evacuating the interior of the space between the cover portions and the dies by starting evacuation along with low speed forward motion of a plunger tip, and pouring molten metal at a high speed into the cavity by moving the plunger tip at a high speed when molten metal reaches the vicinity of the cavity inlet, during which time the flow rate of water for cooling the dies is regulated.

[Claim 2] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 1, wherein the step of forming the cavity is carried out in parallel with the step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies with cover portions through a space.

[Claim 3] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 1, wherein the step of surrounding the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies through a space is carried out after the step of forming the cavity.

[Claim 4] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 2 or 3, wherein the step of evacuating the interior of the cavity is carried out almost in parallel with the step of evacuating the space between the cover portions and the dies.

[Claim 5] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 2 or 3, wherein the steps of evacuating the interior of the cavity and evacuating the space between the cover portions and the dies are carried out with a time lag in between.

[Claim 6] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 5, wherein the step of evacuating the space

between the cover portions and the dies is carried out before the step of evacuating the interior of the cavity.

[Claim 7] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to one of Claims 1 to 6, wherein the aluminum alloy contains Fe, and 18 to 22 wt % of Si.

[Claim 8] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 7, wherein the aluminum alloy contains 0.4 to 1.5 wt % of Fe.

[Claim 9] The method of aluminum alloy vacuum die casting according to Claim 7 or 8, further comprising a step of rapidly cooling the casting taken out of the dies.

[Claim 10] An aluminum alloy product manufactured by the method of aluminum alloy vacuum die casting according to one of Claims 7 to 9.

[Claim 11] The aluminum alloy product according to Claim 10, wherein the aluminum alloy product is a cylinder block or piston of an engine.

[Claim 12] The aluminum alloy product according to Claim 10, wherein the aluminum alloy product is a cylinder block with silicon crystals projecting out of the bore surface of the cylinder block.

[Claim 13] An aluminum alloy vacuum die casting machine for forming a cavity by joining together a plural number of dies, first and second dies movable in one direction relative to each other and a sliding die interposed between the first and second dies movable relatively in another direction; evacuating the interior of the cavity; pouring molten metal of aluminum alloy into the cavity, wherein the first and second dies are respectively provided with integral cover portions constituted so that the cover portions are brought into contact with each other through a seal member when the cavity is formed, and made to surround the whole or part of the peripheries of the mating surfaces of the dies through a space, a vacuum line is provided to connect a vacuum pump to the cavity and the space, evacuation is started along with the low speed forward motion of the plunger tip to evacuate the interior of the cavity and the space through the vacuum line, molten metal is supplied at a high speed to the interior of the cavity by moving the plunger tip at a high speed when the molten metal reaches the vicinity of the cavity, during which time the flow rate of water for cooling the dies is regulated.

[Claim 14] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to Claim 13, wherein the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are secured as separate members to the first and second dies.

[Claim 15] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to Claim 13, wherein the cover portions surround the whole peripheries of the mating surfaces of the dies through the space and are formed integrally with the first and second dies.

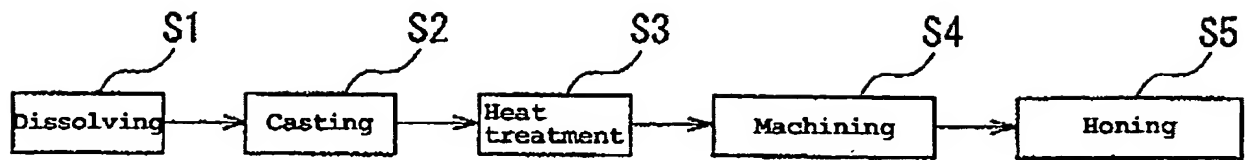
[Claim 16] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to one of Claims 13 to 15, wherein the cover portions are provided with attaching portions for attaching an actuator for driving at least part of the dies.

[Claim 17] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to Claim 14, wherein securing portions for securing the cover portions to the dies are formed on the inside surfaces of the cover portions.

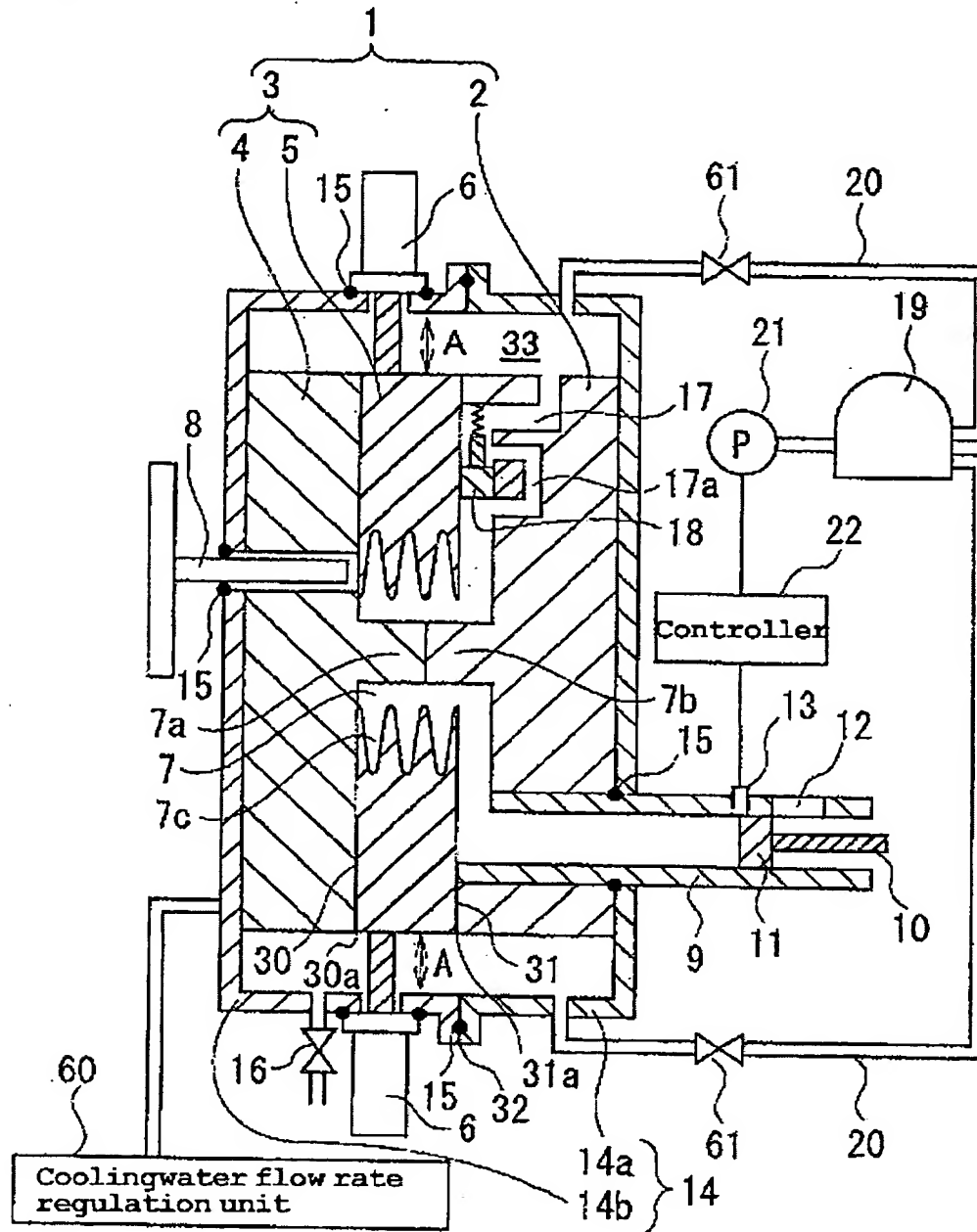
[Claim 18] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to one of Claims 13 to 17, wherein one end of the vacuum line is connected to a common vacuum pump, the other end is connected to the space, and the cavity is connected through the space to the vacuum pump.

[Claim 19] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to one of Claims 13 to 17, wherein the cavity is connected to the common vacuum pump not through the space.

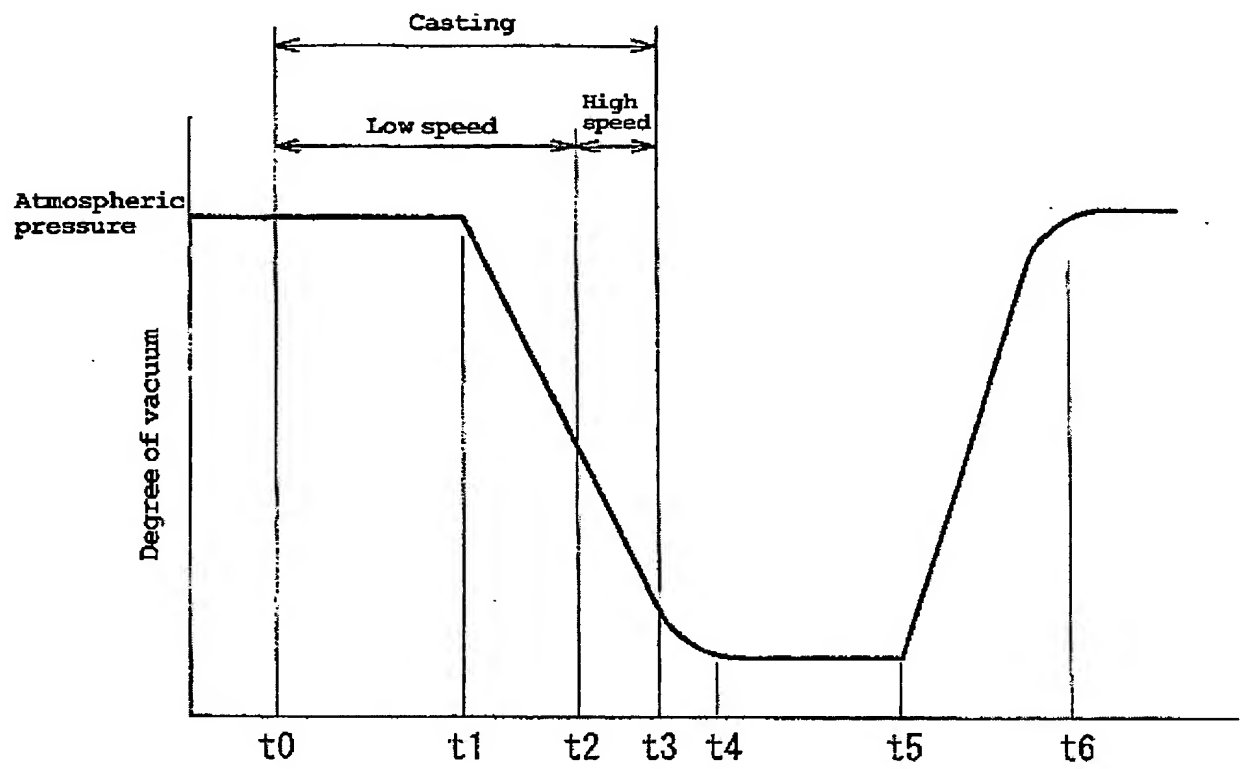
[Claim 20] The aluminum alloy vacuum die casting machine according to one of Claims 13 to 17, wherein the cavity and the space are connected through different vacuum lines to different vacuum pumps.



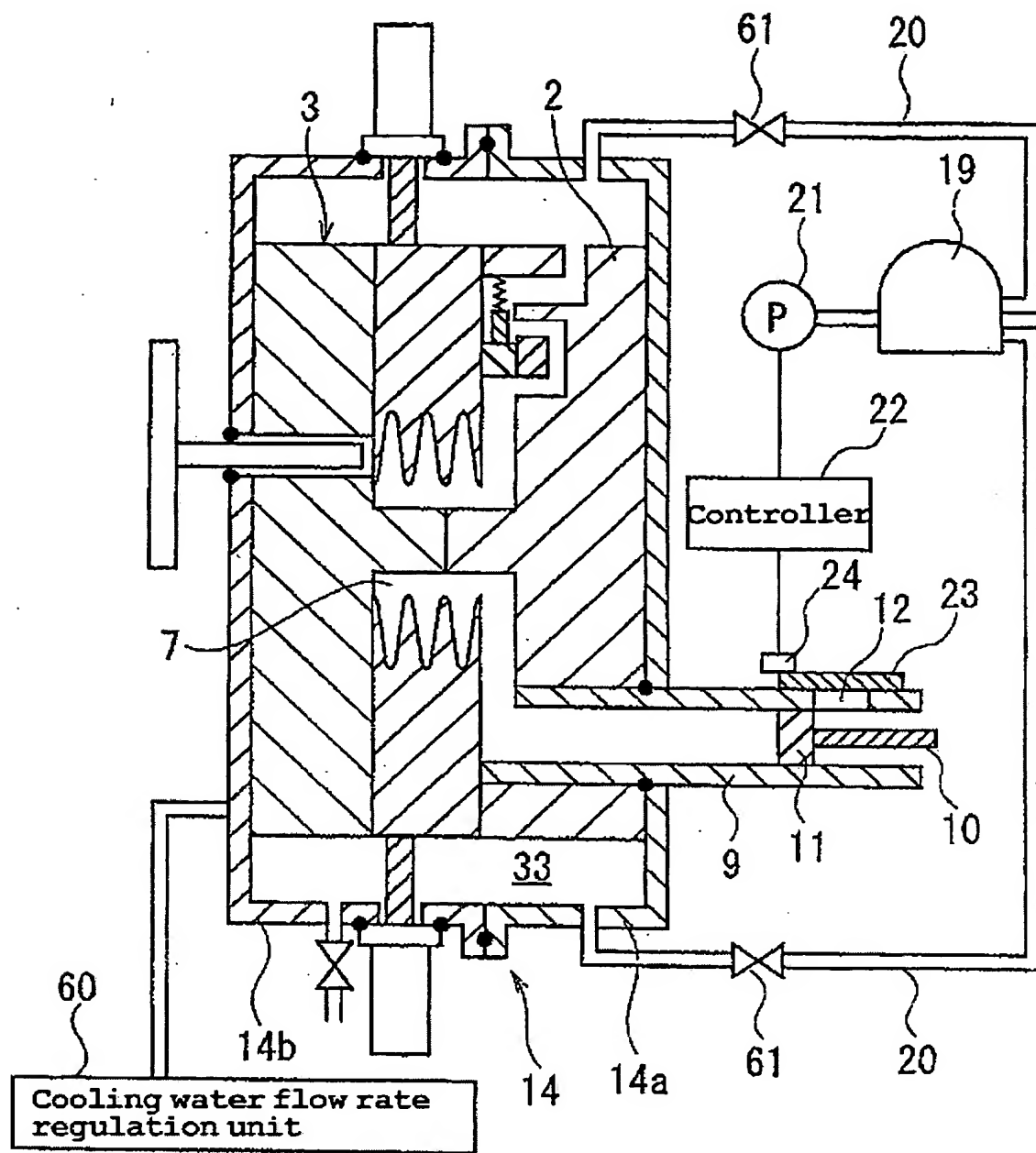
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**

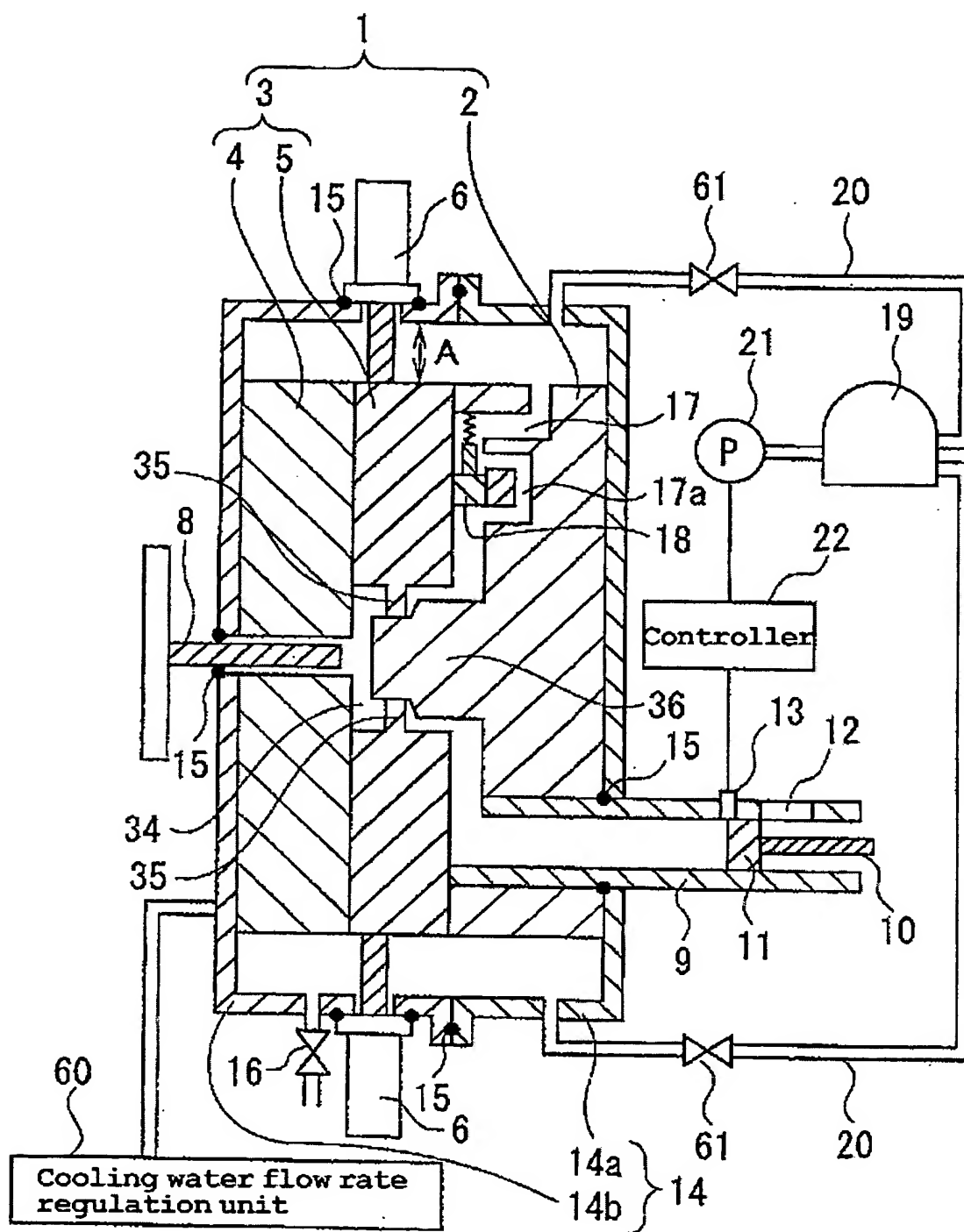


FIG. 5



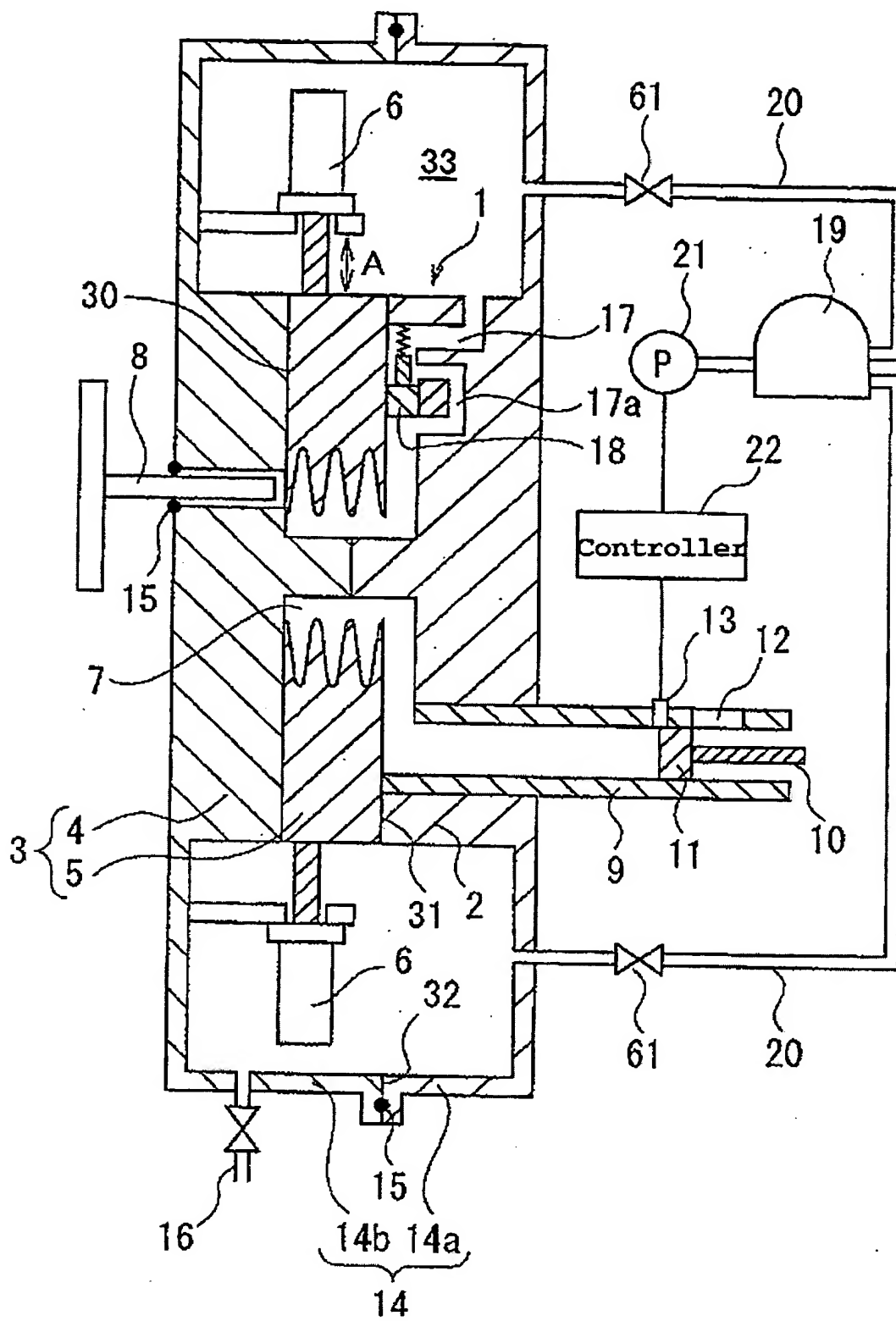


FIG. 6

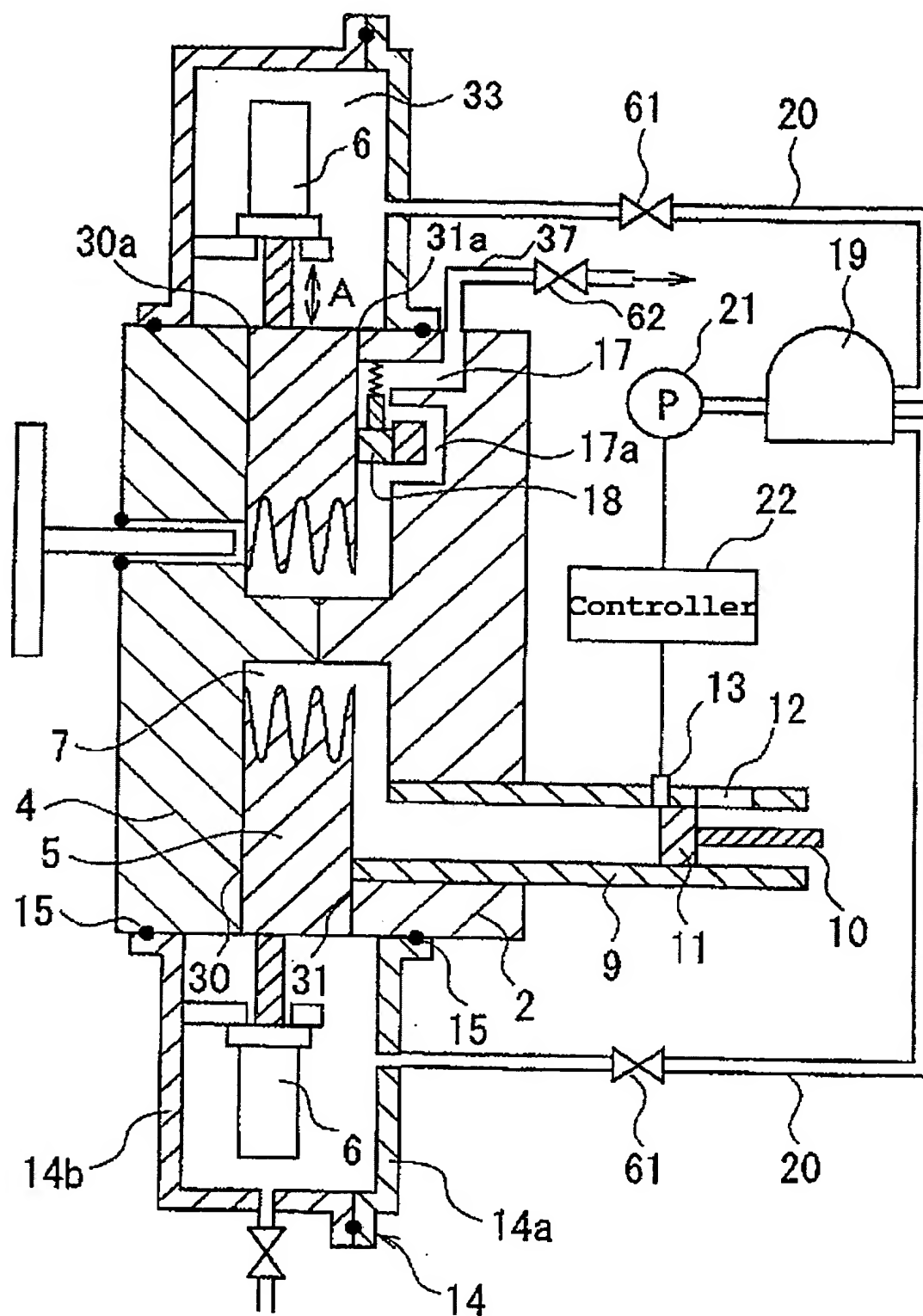


FIG. 7

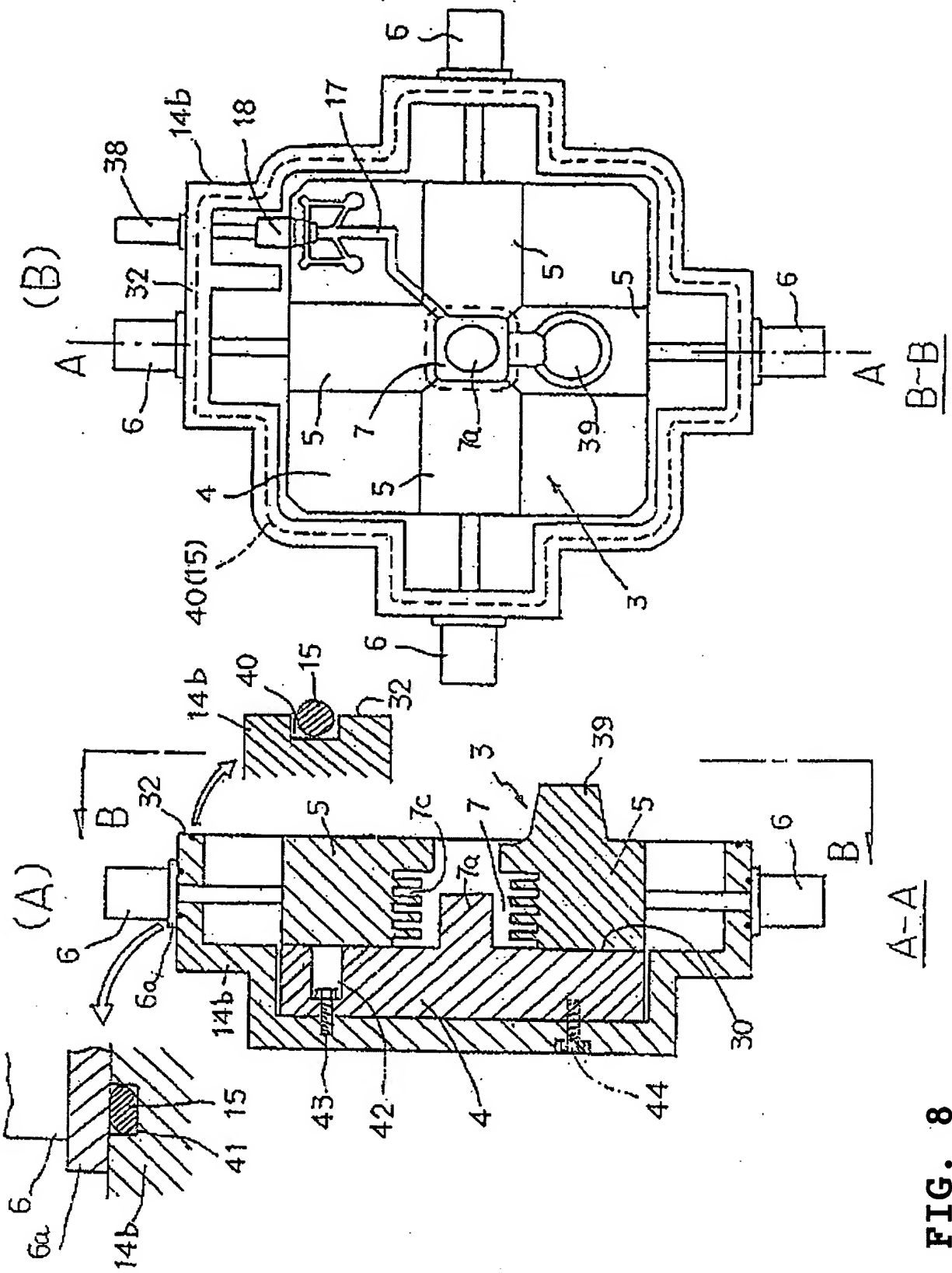
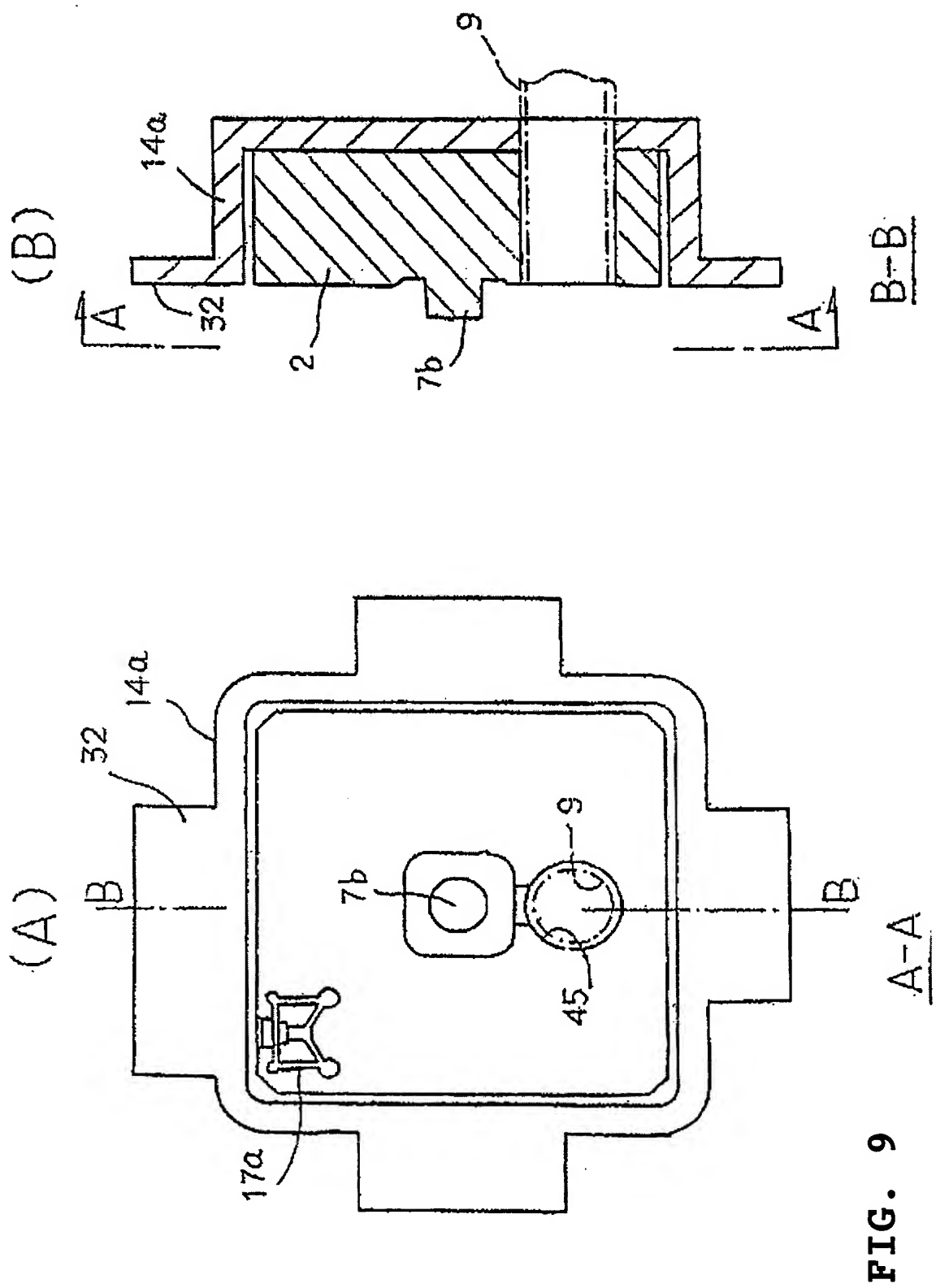
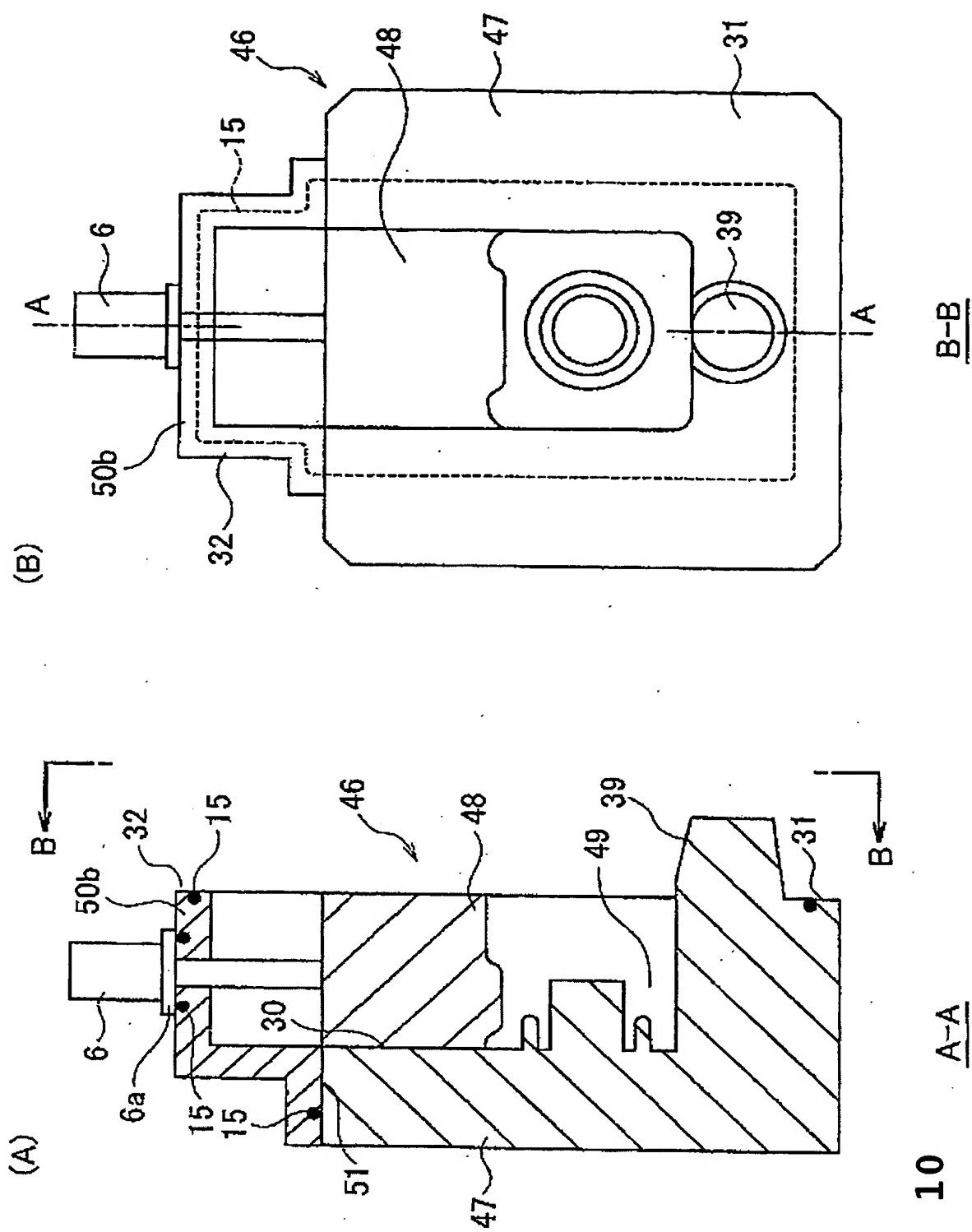
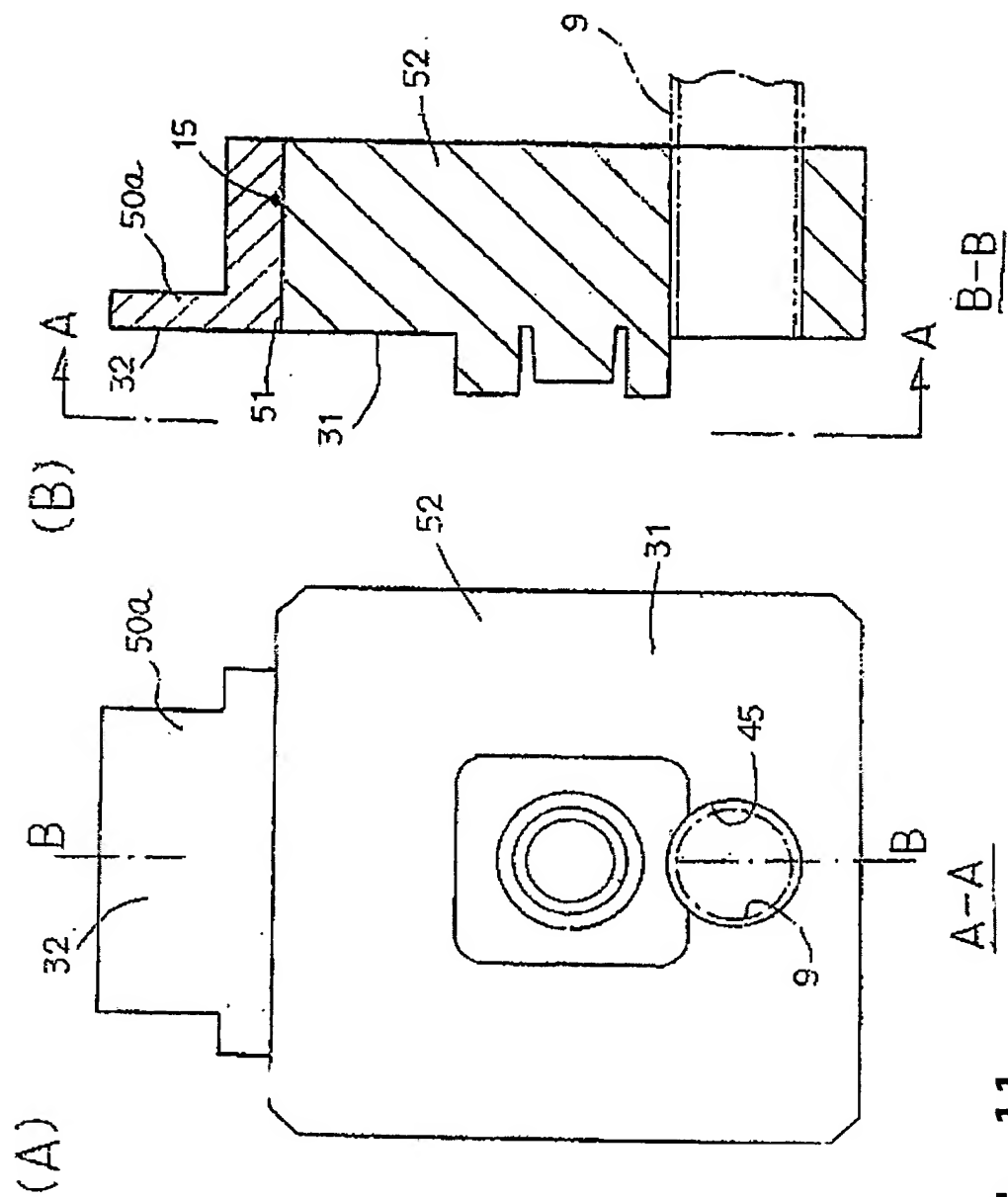


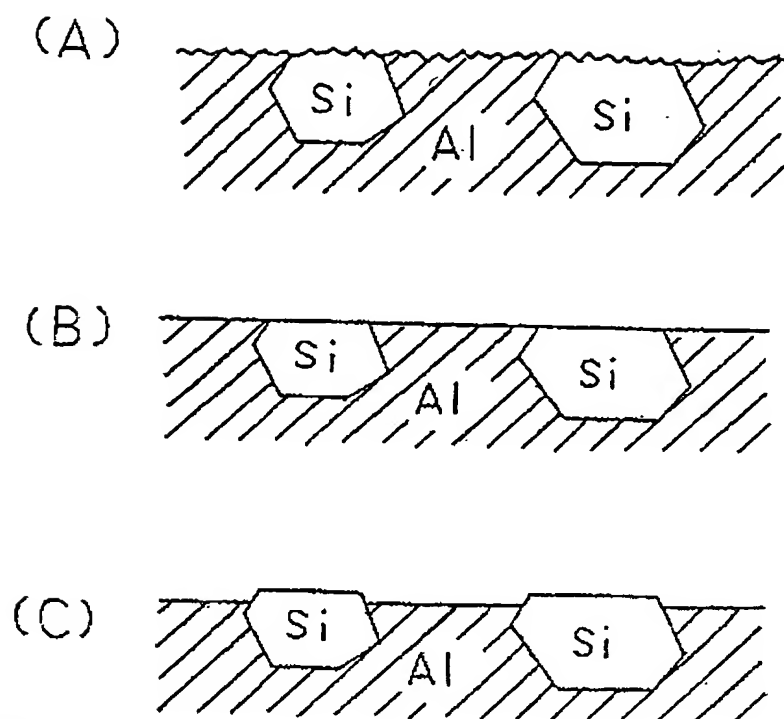
FIG. 8



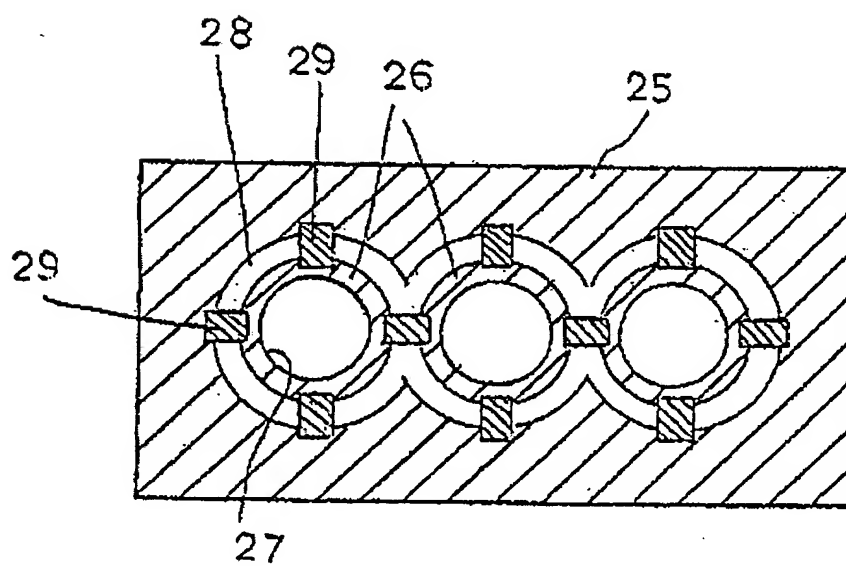




**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**

[Abstract]

To provide a method of aluminum alloy vacuum die casting, a casting machine, and aluminum alloy castings such as cylinder blocks, pistons or the like for engines, that make it possible to secure sufficient wear resistance and adhesion resistance by high pressure die casting at a low cost.

A method of aluminum alloy vacuum die casting, comprising: a step of forming a cavity 7 by joining together a plural number of dies, first and second dies 2 and 4 movable in one direction relative to each other and a sliding die 5 interposed between the first and second dies 2 and 4 movable relatively in another direction; a step of evacuating the interior of the cavity 7, and a step of pouring molten metal of aluminum alloy into the cavity 7, wherein the cavity 7 forming step is accompanied by a step of surrounding the whole or part of the peripheries 30a and 31a of the mating surfaces of the dies 2, 4, 5 with a cover portion 14 through a space followed by gradually increasing the degree of vacuum by carrying out steps of evacuating the interior of the cavity 7 and evacuating the interior of the space between the cover portion 14 and the dies 2, 4, 5 by starting evacuation along with low speed forward motion of a plunger tip 11, and pouring molten metal at a high speed into the cavity 7 by moving the plunger tip 11 at a high speed when molten metal reaches the vicinity of the cavity 7 inlet, during which time the flow rate of water for cooling the dies 2, 4, 7 is regulated.